

منشورات الجامعة الأردنية
عمادة البحث العلمي
٩٦/١

الجزء الأول :

التصميم المناخي

# الدليل الهندسي

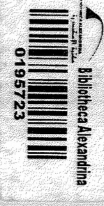
## في تصميم المساكن والمباني في المناطق المدارية


تأليف

أ. هـ. كوينز برجر
ت. ج. انجرسول
آلان ميهيو
س. ف. زوكولي

ترجمة

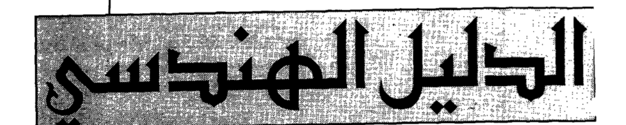
الدكتور المهندس
رزق نمر شعبان حماد
كلية الهندسة والتكنولوجيا
الجامعة الأردنية
عمان - الأردن



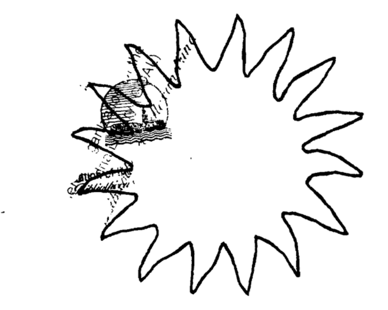
منشورات الجامعة الأردنية
عمادة البحث العلمي
٩٦/١

الجزء الأول :
التصميم المناخي



# الدليل الهندسي

## في تصميم المساكن والمباني في المناطق المدارية




تاليف
أ. هـ. كوينز برجر
ت. ج. انجرسول
آلان ميهيو
س. ف. زوكولي

ترجمة
الدكتور المهندس
رزق نمر شعبان حماد

مراجعة
الدكتور المهندس
سليم صبحي الفقيه

كلية الهندسة والتكنولوجيا
الجامعة الأردنية



"This translation of Manual of Tropical Housing & Building: Part 1 Climatic Design, First Edition is published by arrangement with Addison Wesley Longman Limited, London."

عمان - الأردن

رقم التصنيف : ٦٩٢.٣
المؤلف ومن هو في حكمه : رزق نمر شعبان حماد
عنوان المصنف : الدليل الهندسي في التصميم والمساكن والمباني في المناطق المدارية
رؤوس الموضوعات : ١ ـ الهندسة المدنية
٢ ـ مواصفات البناء
رقم الإيداع : (١٩٩٦/٢/٢٤٠)
الملاحظات عمان : الجامعة الأردنية

* ـ تم اعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

جميع الحقوق محفوظة للجامعة الأردنية

مطبعة الجامعة الأردنيـة
١٤١٦هـ/١٩٩٦م
عمـان ـ الأردن

# محتويات الكتاب

الصفحة


مقدّمـــة ........ ١٣

**الفصل الأوّل** ........ ١٧

**المُناخ : الشروط المفروضة** ........ ١٧

١.١ العوامل المناخية العالمية ........ ١٩

١.٢ عناصر المناخ ........ ٣٣

١.٣ تصنيف المناخات ........ ٤٨

١.٤ المناخ المحلي ........ ٦٣

**الفصل الثّاني** ........ ٧٧

**الراحة : الظروف المرغوبة** ........ ٧٨

٢.١ عوامل الراحة الحرارية ........ ٧٩

٢.٢ أسس الراحة الحرية ........ ٩٠

٢.٣ درجة الحرارة المؤثرة واستعمالها ........ ٩٧

**الفصل الثّالث** ........ ١١٢

**مبادئ التصميم الحراري** ........ ١١٤

٣.١ كميات الحرارة ........ ١١٥

٣.٢ التبادل الحراري في المباني ........ ١٣٠

٣.٣ انسياب الحرارة الدوري ........ ١٤٢

**الفصل الرابع** ........ ١٥٢

**طرق التحكم الحراري** ........ ١٥٢

٤.١ التحكّم الآلي ........ ١٥٣

٤.٢ التحكّم الانشائي (الذاتي) ........ ١٦٩

٤.٣ التهوية وحركة الهواء ........ ١٩٣

**الفصل الخامس** ........ ٢١٢

**الضوء والإضاءة** ........ ٢١٢

٥.١ مبادئ الضوء ........ ٢١٣

٥.٢ الإضاءة النهاريّة ........ ٢٢٧

| | | |
|---|---|---|
| ٥.٣ | تقنيات التنبّؤ | ٢٣٩ |
| **الفصل** | **السّادس** | ٢٦٨ |
| | **الضجيج والتحكّم به** | ٢٦٨ |
| ٦.١ | الصّوت : أساسيّات | ٢٦٩ |
| ٦.٢ | التحكّم بالضجيج | ٢٨٥ |
| ٦.٣ | مشكلات الضجيج في المناطق المداريّة | ٣٠٥ |
| **الفصل** | **السّابع** | ٣١٦ |
| | **تطبيقات** | ٣١٦ |
| ٧.١ | مأوى للمُناخات الحارّة الجافّة | ٣١٧ |
| ٧.٢ | مأوى للمُناخات الدافئة الرّطبة | ٣٣٣ |
| ٧.٣ | مأوى للمُناخات المركّبة | ٣٤٥ |
| ٧.٤ | مأوى للمُناخات المداريّة المرتفعة | ٣٥٦ |
| **الفصل** | **الثّامن** | ٣٦٦ |
| | **أهداف التصميم** | ٣٦٦ |
| ٨.١ | مرحلة التحليلات المتقدّمة | ٣٦٧ |
| ٨.٢ | مرحلة تطوير المسقط الأفقي | ٣٨٢ |
| ٨.٣ | مرحلة تصميم العنصر | ٤٠١ |
| ٨.٤ | المجسّمات والمناظر | ٤١٢ |
| **الفصل** | **التّاسع : المرجعية** | ٤٢٤ |
| **الفصل** | **العاشر : الملاحق** | ٤٢٨ |

# قائمـــــة الأشكال

الصفحة

الفصل الأول


| | | |
|---|---|---|
| ١. | العلاقة بين الشمس والأرض | ٢٢ |
| ٢. | زاوية السّقوط | ٢٣ |
| ٣. | طول ممر الشمس | ٢٤ |
| ٤. | تغير شدّة الأشعة المباشرة بالنسبة للارتفاع | ٢٤ |
| ٥. | ممر الأشعة في الجو | ٢٥ |
| ٦. | تحرير الحرارة من الأرض والجو | ٢٥ |
| ٧. | نمط الرّياح | ٢٦ |
| ٨. | متوازي أضلاع الرّياح | ٢٨ |
| ٩. | التغيّرات الفصليّة في المنطقة المداريّة | ٣٠ |
| ١٠. | ستارة ستيفنون | ٣٥ |
| ١١. | شكل الهيجروجراف | ٣٦ |
| ١٢. | مخطط مقياس رطوبة الجو | ٣٩ |
| ١٣. | دورة الرّياح في شهر | ٤٢ |
| ١٤. | دورة الرّياح السّنويّة (مدينة نيروبي) | ٤٤ |
| ١٥. | الرّسم البياني للمُناخ ـ المناخ المداري المرتفع ( نيروبي) | ٤٥ |
| ١٦. | الخطوط الكنتورية لدرجات الحرارة | ٤٦ |
| ١٧. | مقارنة المناخات | ٤٧ |
| ١٨. | مخطط مُناخ (مومباس ـ كينيا) مناخ دافيء رطب | ٥٠ |
| ١٩. | مخطط مُناخ (فونكس ـ أريزونا) مناخ حار جاف صحراوي | ٥١ |
| ٢٠. | رسم بياني لمناخ نيودلهي الموسمي | ٥٩ |
| ٢١. | تشكيل الانقلاب الحراري | ٦٦ |
| ٢٢. | التساقط على التلال | ٦٨ |
| ٢٣. | تساقط الأمطار فوق المدن | ٦٩ |
| ٢٤. | متوازي أضلاع دورة المطر | ٧٠ |
| ٢٥. | تدرج سرعة الرّياح | ٧٢ |

**الفصل الثاني**


٢٦. التبادل الحراري للجسم ........ ٨٢
٢٧. الاتّزان الحراري في الجسم ........ ٨٣
٢٨. مخطط مقياس رطوبة الجو وخطوط درجة الحرارة المؤثّرة ........ ٩٢
٢٩. مخطط المناخ الحيوي ـ لرجال يعملون جالسين ويلبسون وحدة ملابس في مناخ دافئ ........ ٩٦
٣٠. مخطط درجات الحرارة المؤثّرة لشخص يلبس لباس عمل عادي (وحدة ملابس) ........ ٩٨
٣١. مخطط درجات الحرارة الأساسي لشخص عارٍ حتى الخصر ........ ٩٩
٣٢. الميزان الكروي ........ ١٠١
٣٣. مخطط سرعة الهواء الهابط ........ ١٠٢
٣٤. مخطط توزيع درجات الحرارة المؤثّرة ........ ١٠٧
٣٥. مثال لاستخدام درجة الحرارة المؤثّرة المعدّلة ........ ١٠٨
٣٦. تحليلات المناخ باستخدام درجة الحرارة المؤثّرة المعدّلة ........ ١٠٩
٣٧. حساب درجة الحرارة في كل ساعة ........ ١١٠
٣٨. درجة الحرارة المتساوية وطريقة حسابها ........ ١١١


**الفصل الثالث**


٣٩. التبادل الحراريّ في المباني ........ ١٣١
٤٠. التدرّج الحراري خلال حائط مركّب ........ ١٤١
٤١. التخلف الزّمني ومعامل التناقص ........ ١٤٤
٤٢. معامل التناقص والتخلّف الزّمني كدالة بالنسبة للتوصيلة والسّعة ........ ١٤٦
٤٣. قيمة معامل التناقض وزمن التخلّف لحائط كتلي ........ ١٤٧


**الفصل الرّابع**


٤٤. جهد التحكّم المُناخي ........ ١٥٥
٤٥. دائرة تبريد (مضخّة حارّة) ........ ١٦١
٤٦. ترتيب تبريد الهواء ........ ١٦٣
٤٧. مكيّف هواء ........ ١٦٦

٤٨. وحدات حس ١٦٧
٤٩. تحديد زمن التخلّف المطلوب ١٧٢
٥٠. شدة أشعة الشمس نمط عرض ١ جنوب (نيروبي) ـ القيمة المقاسة ١٧٣
٥١. شدة أشعة الشمس نمط عرض ٣٢ جنوب (سدني) ـ القيمة المحسوبة ١٧٧
٥٢. نفاذيّة الزجاج ١٧٨
٥٣. الحرارة المنقولة خلال الزجاج ١٧٩
٥٤. نفاديّة الزجاج المطلي ١٧٩
٥٥. معاملات الكسب الحراري ١٨١
٥٦. الاسقاط المجسّم (خطوط الساعات معلمة بالتوقيت البريطاني حيث معدل وقت جرنتش ظهر ١٢) ١٨٢
٥٧. زاوية السقوط ١٨٤
٥٨. زاوية الظّل الأفقيّة ١٨٥
٥٩. زاوية الظّل العموديّة ١٨٥
٦٠. عناصر الظّل العموديّة ١٨٧
٦١. عناصر الظّل الأفقيّة ١٨٨
٦٢. عناصر الظّل المصنّفة ١٨٨
٦٣. طريقة تصميم العناصر المصنّفة ١٨٨
٦٤. تحويل الخطوط الكنتورية لدرجات الحرارة إلى مخطط ممرات الشمس لاعطاء درجة الحرارة الفعّالة مركّبة عليها ١٨٩
٦٥. تطبيق حجب الظّلال ١٩١
٦٦. ترتيبات مجاري الهواء ١٩٤
٦٧. شكل بين تصميم ممرّات الهواء ١٩٦
٦٨. تدفق الهواء حول المبنى ١٩٨
٦٩. محاكي نفاث الهواء المفتوح ١٩٩
٧٠. محاكي نفاث الهواء المقفل ١٩٩
٧١. تأثير اتجاه الريح وحجم فتحات دخول الهواء على توزيع سرعة الرياح ٢٠١
٧٢. تأثير اتجاه هبوب الرياح على عرض منطقة ظلال الرّياح ٢٠١
٧٣. النقص في التهوية العرضية ٢٠٣

٧٤. تأثير موقع الفتحات ........ ٢٠٣
٧٥. الضغط المتكون في الداخل ........ ٢٠٤
٧٦. تدفق الهواء في بناية من طابقين ........ ٢٠٥
٧٧. تأثير الإطارات (العضاءات) ........ ٢٠٥
٧٨. تأثير المظلآت ........ ٢٠٦
٧٩. تأثير كاسرات الشمس ........ ٢٠٦
٨٠. كاسرات لمنع المطر ........ ٢٠٧
٨١. انفصال تيار الهواء على واجهات المباني ........ ٢٠٧
٨٢. تدفّق معاكس خلف بناية عالية ........ ٢٠٨
٨٣. تدفّق الهواء : موضع عام على شكل شبكي ........ ٢٠٨
٨٤. تدفّق الهواء : موضع عام على شكل مربّعات متخالفة ........ ٢٠٩
٨٥. ملقف الرياح ........ ٢١٠

**الفصل الخامس**

٨٦. طيف الاشعاع ........ ٢١٤
٨٧. الحساسيّة الطيفية لعين الإنسان ........ ٢١٥
٨٨. أنواع الانعكاس ........ ٢١٦
٨٩. نظام مونس للون ........ ٢١٩
٩٠. الكفاءة البصرية ........ ٢٢٥
٩١. دخول ضوء النهار إلى المبنى ........ ٢٢٨
٩٢. الابهار من السطوح المضاءة بضوء الشمس المباشر ........ ٢٣٣
٩٣. الضوء المنعكس المنشور بواسطة السقف ........ ٢٣٤
٩٤. شباك زاوية ........ ٢٣٤
٩٥. نظام أباجورات خاص ........ ٢٣٦
٩٦. المنحنيات القطبية ........ ٢٤٠
٩٧. الاستنارة من مصدر نفطي ........ ٢٤١
٩٨. الاستنارة الخارجية (لندن) ........ ٢٤٣
٩٩. المنقلة (٢) ........ ٢٤٤
١٠٠. استخدام مناقل قياس عامل ضوء النهار ٢٤٥

١٠١. مخطط مركبة معدّل الانعكاس الداخلي لعامل ضوء النهار ........ ٢٤٩
١٠٢. حساب عامل ضوء النهار ........ ٢٥٣
١٠٣. شكل وعاء الغلغل ........ ٢٥٤
١٠٤. إقامة منظور (٣٠) ملم ........ ٢٥٥
١٠٥. الاستنارة من السماء الصافية والشمس ........ ٢٥٦
١٠٦. مثال استنارة غرفة من السماء الصافية والشمس ........ ٢٥٧
١٠٧. الرسم البياني لتصميم ضوء النهار ........ ٢٦١
١٠٨. السماوات الاصطناعية ........ ٢٦١
١٠٩. مخطط الابهار الثابت ........ ٢٦٥

**الفصل السّادس**

١١٠. موجات الصّوت ........ ٢٧٢
١١١. حدود الأصوات المسموعة ........ ٢٧٤
١١٢. خطوط الشدة الصّوتية المتساوية dBA ........ ٢٧٥
١١٣. الوزن لايجاد مقياس ........ ٢٧٦
١١٤. تأثير تدرج سرعة الرياح ........ ٢٧٩
١١٥. تأثير التدرج في درجات الحرارة ........ ٢٨٠
١١٦. ظلال الصّوت في الذبذبات العالية ........ ٢٨٠
١١٧. الانحناء عند الموجات المنخفضة ........ ٢٨١
١١٨. انتقال الصّوت المنقول جيداً ........ ٢٨١
١١٩. الصّوت المباشر والتردّديّ ........ ٢٨٢
١٢٠. ممرات انتقال الصّوت ........ ٢٨٣
١٢١. اتجاهية بعض مصادر الصّوت ........ ٢٨٧
١٢٢. تأثير حجب الحواجز ........ ٢٨٨
١٢٣. الحوامل اللدنة ........ ٢٩٠
١٢٤. مواد ماصّة مسامية ........ ٢٩١
١٢٥. مواد ماصّة غشائية ........ ٢٩٢
١٢٦. مواد ماصّة رنينيّة ........ ٢٩٢

١٢٧. الواح ماصّة مخرّمة ..... ٢٩٢
١٢٨. مخطط بياني للتحكّم بالضجيج ..... ٢٩٥
١٢٩. مقترحات للعزل الصوتي في المدارس ..... ٢٩٦
١٣٠. مقترحات للعزل الصوتي في المكاتب ..... ٢٩٦
١٣١. منحنيات معيار الضجيج NC ..... ٢٩٨
١٣٢. طيف الضجيج المناسب لمتطلب ما ..... ٢٩٩
١٣٣. خفض الضجيج المطلوب والمنحنى الحقيقي ..... ٣٠٠
١٣٤. متطلبات العزل في المباني السكنية ..... ٣٠١
١٣٥. عزل حائط مصمت غير مسامي ..... ٣٠١
١٣٦. عزل حائط من مواد عازلة ..... ٣٠٢
١٣٧. بعض الحوائط والأرضيات المكونة من طبقتين ..... ٣٠٢
١٣٨. نوافذ صوتية مزدوجة ..... ٣٠٤
١٣٩. ممرات تهوية بخافضات ماصة ..... ٣٠٤
١٤٠. إضافة مواد ماصة إلى باطن المظلات ..... ٣١٠
١٤١. تبطين الكاسرات (الأباجورات) بمواد ماصة ..... ٣١١
١٤٢. تقليل الضجيج بواسطة الكاسرات (مواد ماصة على الأسطح العاكسة) ..... ٣١٢


**الفصل السّابع**


١٤٣. مستعمرة في منطقة مدارية حارّة جافّة (مراكش) ..... ٣١٩
١٤٤. النظام الحراري لساحة داخليّة مكشوفة في منزل ..... ٣٢١
١٤٥ النظام الحراري لفناء كبير في منزل ..... ٣٢٢
١٤٦. مقارنة بين اللون الأبيض والأسطح المعدنية الناصعة ..... ٣٢٥
١٤٧. بيوت تقليدية في كانو ـ نيجريا ..... ٣٢٨
١٤٨. بيت مصري قروي تقليدي ..... ٣٢٩
١٤٩. بيوت تقليدية بربرية في مراكش ..... ٣٣٠
١٥٠. بيوت رخيصة ..... ٣٣٠
١٥١. بيوت لطبقة متوسطة في كانو ـ نيجيريا ..... ٣٣٤
١٥٢. منزل لعائلة متوسّطة في نورثرنترثيوري ـ استراليا (بيت لأحد موظفي الكومنْولث ١٩٥٣) ..... ٢٣٥

١٥٣ . بيت رخيص التكاليف في غانا ٣٣٩ ـ ٣٤٠
١٥٤ . بيت قروي في الملايو ٣٤٣
١٥٥ . مباني في نهر في تايلند ٣٤٤
١٥٦ . درجة الحرارة المؤثرة الشهرية (إسلام أباد) ٣٤٦
١٥٧ . بيت حديث في شمال الهند ٣٥٠
١٥٨ . ملاقف الهواء في حيدر أباد ٣٥٣
١٥٩ . بيت قروي في البنجاب ٣٥٤
١٦٠ . بيت رخيص التكاليف بغرف مختلفة لليل والنهار ٣٥٥
١٦١ . مبنى مكاتب في نيروبي ٣٥٧
١٦٢ . قيمة الكسب الحراري في الاتجاهات المختلفة (نيروبي) ٣٥٩
١٦٣ . بيت قروي بالقرب من نيروبي ٣٦٤
١٦٤ . بيت مائي في تنزانيا ٣٦٤

**الفصل الثامن**

١٦٥ . جدول ماهوني رقم ١ ـ الجزء الأول (قد اكملت لمدينة بغداد) ٣٧١
١٦٦ . جدول ماهوني رقم ١ الجزء الثاني ٣٧٢
١٦٧ . جدول ماهوني رقم ٢ الجزء الأول (عمل لبغداد) ٣٧٥
١٦٨ . جدول ماهوني رقم ٢ الجزء الثاني ٣٧٦
١٦٩ . جدول ماهوني رقم ٣ (عمل لبغداد) ٣٧٨
١٧٠ . مخطط النشاط (الخرطوم ـ السودان، الفصل الحار، حزيران) ٣٨٥
١٧١ . سماكة العزل المفضلة ٣٩٣
١٧٢ . خطوط درجات الحرارة المؤثرة المتساوية مع حدود الرّاحة (نيودلهي من شكل ٣٨) ٣٩٩
١٧٣ . جدول ماهوني رقم ٤ ٤٠٣
١٧٤ . قرص الشمس ٤١٦
١٧٥ . المشماسة ٤١٦
١٧٦ . جهاز مدى الشمس (الأوّل) ٤١٨
١٧٧ . جهاز مدى الشمس (الثّاني) ٤١٩

## مقدمـــــــــة

تعتبر البيوت الريفية «هي المباني التقليدية» في معظم المناطق الحارة، وفي بعض المناطق الجافة التي تقع شمال خط الاستواء، مثل مصر والعراق ودول المغرب العربي، وايران، وراجستان والبنجاب وجنوب الصين؛ إذ توجد بعض مباني المدينة التقليدية التي يمكن أن تشكل أساساً لتطوير الأشكال المعمارية في المدينة. ومع ذلك فان هذه المباني لا تمثل غالبية الأمثلة في المناطق الحارة؛ إذْ إنّ أعمال التطوير الحضري لم تحظ بالاهتمام اللازم إلاّ في العقود الأربعة الأخيرة. وما زالت الغالبية العظمى من سكان المناطق الحارة تعيش مضطرة في مستوطنات ريفيّة ذات كثافة قليلة، وتتعامل مع هذه المباني (من حيث الخدمات وغيرها) كما كان يتعامل آباؤهم وأجدادهم.

لقد تطوّرت أنماط المباني التقليديّة حسب الحاجة التي أملتها ظروف السّكان الذين هم في الغالب فلاحون. وتشكل الأراضي المحيطة بهذه المباني مصدراً لمواد البناء كالخشب والخيزران والبوص في المناطق الحارة الرطبة، والحجارة والطين والطوب في المناطق القاحلة. وتستعمل المواد العضوية (كالخشب) وغير العضوية (كالحجارة والطوب) في المناطق التي تتوافر فيها كلا الخاصيّتين. وتتمثل الحياة الرّيفيّة بشكل عام في الحراثة والحصاد والحياكة وإقامة المباني. فكل ريفي يُعدُّ بنّاءاً وحرّاثاً وراعياً في الوقت نفسه. ويعتمد البيت التقليدي الرّيفيّ على نفقات قليلة وصيانة كبيرة. ويقوم الجيران والأقارب والأصدقاء بدور فعّال في عمليّة البناء والصيانة ويقابله المالك بتقديم الشّراب والطّعام والمساعدة بالمثل.

ويقضي الكبار والصغار أوقاتهم في هذه المناطق في الهواء الطلق. وتكون الفائدة من البيوت والأكواخ محصورة في ما يلي:

مأوى من الأمطار والحرارة والبرودة الشديدة، وحد أدنى من الخصوصيّة. ومخزن أمين للممتلكات. وتعادل أهمية البيت في تخزين المواد الزّراعيّة أهمية إيواء الانسان إن لم تزد عليها.

المساحات في هذه الأحوال واسعة ويمكن في حالة ازدياد عدد أفراد العائلة زيادة عدد الأكواخ سواء للسكن أو التخزين ويكون التخلّص من مخلّفات الانسان (كالمياه العادمة والأوساخ) بصرفها إلى مناطق مختلفة. غير أن هنالك بعض الاستثناءات، كواد النيل ومناطق بيشاور ـ الباكستان ـ وبعض مناطق البنجاب وجنوب الصين، حيث

الأراضي الـزّراعيّة الجيدة، فان اختيار القرى يجب أن يتمّ بعناية خاصّة. وفي معظم المنـاطق الـرّيفيّة، تكـون الأمـاكن المخصّصـة للبيوت صغيرة جداً أو مهملة بالنسبة للأراضي المخصّصة للزّراعة.

وتتضمّن المبـاني التقليديّة الـرّيفيّة في المنـاطق المـداريّة حلولاً للمشكـلات المناخيّة، وفي ظروف التطوّر التكنولوجي المحدود وأهمية اعتبارات الأمان الضروريّة، فان بعض هذه الحلول تعتبر ابداعية ولا يوجد أدنى شك في أنها تستحق الدّراسة العميقة.

ومن هنا، فان المباني الضّروريّة للمناطق الحارة هي المباني المدنية، ذلك أن الأشكال التقليديّة الرّيفيّة، بسبب تكوينها ووظيفتها في حياة الريفي، نادراً، ما تكون مناسبة لمناطق المدينة. يلاحظ ذلك في الملامح العامّة للحياة الرّيفيّة الموصوفة سابقاً، وملاحظة كيف أن قليلاً من هذه المباني يناسب المدن والبلدان.

أمـا مواد البنـاء في المدينة فلا يمكن أخذها من الأراضي المحيطة دون تعرية الأراضي الزّراعيّة، أو تعريض أجزاء من المدينة إلى الخطورة في حالة استعمال مواد من التـربـة (كالحجارة). ومن هنا فان مواد البناء ستجلب من مسافات بعيدة، ولن تكون رخيصة في هذه الحالة.

وتختلف طبيعـة حياة المـدينـة عن مثيلتهـا في الرّيف؛ إذ لا يوجد متّسع لبناء المنزل، وخصوصاً للطبقة الفقيرة، كالعمال غير المهرة الذين يقضون معظم أوقاتهم في البحث عن قوتهم اليوميّ، فلا يكون لديهم وقت كافٍ لصيانة منازلهم. ومن هنا تعلّم المدني أن يختار مواد البناء وطرق الانشاء التي لا تحتاج إلى صيانة دوريّة، وهو يأخذ مقابل عمله، ويدفع نقداً لمن يقوم بالبناء أو الصيانة له.

وتقضي عائلته جزءاً كبيراً من يومها، في الهواء ولكن الحياة خارج البيت ليست ميسورة ومريحة كحياة الريف. ويعدُّ المخزن هنا أكثر أهمية منه في الريف، وكذلك الخصوصية وكلاهما صعب التحقيق.

ومن هنا فان الفراغ الذي كان متوافراً ورخيصاً في الرّيف قد أصبح سلعة مهمة لتجارة الشقق في المدينة. والمشكلة هنا ليست في مجموع الأرض المتوافرة، رغم أن ذلك أيضاً يمكن أن يكون مشكلة في المناطق المدنية، ولكن المشكلة في الموقع. لأن

القضية هنا أن المستوطن يجب أن يكون قريباً من عمله، وقريباً من الخدمات كالمدارس والمتاجر. ولذلك فان على رجل المدينة أن يكيّف نمط حياته، في قطعة صغيرة من الأرض، ليظل قريباً من الناس، بغض النظر عن حجم منزله أو عائلته.

ويُعَدُّ تقارب المباني والازدحام في مقدمة المشكلات التي يعاني منها سكان المدينة، بينما هي لا تعني شيئاً عند الرّيفيّ، فخطورة الحرائق، والتخلّص من النفايات والمجاري والتلوّث الصّوتيّ من الأخطار التي تواكب حياة المدينة التي لا يمكن حلّها بالرجوع إلى البيت الرّيفيّ التّقليديّ. ولا يمكن حلّها باستيراد التكنولوجيا الغربيّة، أو أنماط المباني في الدول الغربية التي تكوّنت وازدهرت في مناخ مختلف وحضارة مختلفة وظروف اقتصادية مختلفة. ومن الواضح أن طراز المباني وأنواع مواد البناء في المناطق الباردة لا تستطيع أن تحلّ مشكلات المدن في المناطق التي تُعَدُّ الحرارة فيها من التحديّات الرّئيسيّة. ولا يمكن أخذ الحلول الجاهزة في المناطق التي يبلغ متوسّط دخل الفرد فيها نحواً من (٧٠٠٠) دولار سنوياً، إلى المناطق الحارّة مليئة بالأسقف امصنوعة من الصاج والزّجاج العادي، مقارنة بالبيوت المصمّمة والمنفذة جيداً في مانشيستر أو ديترويت أو مونتريال.

ويستطيع الغنيّ أن يتغلّب على ظروف الطقس باستخدام الوسائل الميكانيكية بالتدفئة والتبريد المركزي، ولكن الآخرين (الفقراء) يعانون من سوء الأحوال والمعاش التي لا تؤمّن لهم عملاً مناسباً ولا راحةً ولا استمتاعاً. وبهذا، فان مهمّة هذا الكتاب هي توضيح أن بالإمكان إقامة مدن مزوّدة بأسباب الاستجمام والرّاحة داخل المنازل وفي السّاحات الملحقة بها تكون مناسبة لظروف السّكان الاجتماعيّة.




# المناخ : الشروط المفروضة

١,١ العوامل المناخية العالمية

١,٢ عناصر المناخ

١,٣ أنواع المناخ المداري

١,٤ موقع المناخ

# ١,١ العوامل المُناخية العالميّة

١,١,١ المُناخ والمناخات المداريّة
١,١,٢ الإشعاع الشّمسيّ : النّوعيّة
١,١,٣ الإشعاع الشّمسيّ : الكمية
١,١,٤ ميل محـــور الأرض
١,١,٥ الإشعاع على سطح الأرض
١,١,٦ اتزان الأرض الحراريّ
١,١,٧ الرّياح : القوى الحراريّة
١,١,٨ الرّياح التجاريّـــة
١,١,٩ الرّياح الغربيّة في منتصف خط العرض
١,١,١٠ الرّياح القطبيّـــــة
١,١,١١ إزاحـــة الرّيح السّنويّة
١,١,١٢ تأثير التضاريس الطبيعيّة

١,١,١ المُناخ والمناخات المداريّة

المناخ (مشتقة من كلمة إغريقيّة) كما هو معروف في قاموس اكسفورد «منطقة لها أحوال خاصّة من درجات حرارة وجفاف ورياح، وأشعة تتواتر على منطقة بعينها. ويمكن تعريفه علمياً بدقة أكثر فهو تكامل الحالات الطّبيعيّة للبيئة الجويّة، بالنسبة للزمن، لموقع جغرافي مميز». وتعرف حالة الطقس (Weather) بأنها الحالة الجويّة اللّحظيّة للبيئة أو المحيط في موقع جغرافيّ معين، أما المناخ (Climate) فهو تكامل حالة الطقس بالنسبة للزّمن.

وتعرف المناخات المدارية في المناطق الجغرافية التي تُعَدُّ فيها درجة الحرارة العامل المهم بالنسبة للظروف الجوية، إذ يكون متوسّط درجات الحرارة السنوية أكثر من ٢٠ درجة مئوية، وتكون فائدة المباني (في هذه المناطق) في تلطيف الجو بداخلها وتبريده [الخارجي (الحار) وتبريد (نسبياً) الجو المحيط للسكان]. وقبل الخوض في المُناخات المداريّة بالتفصيل، يجب أن نعرض العوامل التي تحدد المناخات على الكرة الأرضية.

١,١,٢ نوعيّة لإشعاع الشّمسيّ

تستقبل الأرض معظم الطاقة، تقريباً، من الشمس على شكل اشعاع، ولذلك فان الشمس هي المؤثر الرئيسي في المناخات المختلفة. ويمتد الطيف الإشعاعي في أمــواج يتراوح طولها ما بين ٢٩٠ ـ ٢٣٠٠ نم (نم : نانوميتر = ١٠^-٩ متر). وبالنسبة للاحساس الانساني بالنسبة للطيف يمكننا أن نميز ما يلي :

أ ) شعاع بنفسجي، يتراوح طول أمواجه ما بين ٢٩٠ ـ ٣٨٠ نم، وله تأثيرات كيماويــة، ويبيّض الألوان ويسبب سفعة الشمس (حرق . . . الخ.

ب ) الضوء المرئيّ وتتراوح أطوال موجاته ما بين ٣٨٠ نم (البنفسجي) إلى ٧٠٠ نم (الأحمر).

جـ ) الأشعة تحت الحمراء وتتراوح أطوال موجاتها ما بين ٧٠٠ ـ ٢٣٠٠ نم ويشع حـــرارة تصاحبها تأثيرات إشعاعيـــة كيميائية (Photochemical).

ويختلف توزيع الطاقة الطيفي باختــلاف الارتفاع نتيجة للترشيح (Filtering) الذي يسببه الجو. حيث يمتص بعض الاشعاعات ذات الموجات القصيرة ويطلق الموجات الطويلة كالاشعة فوق الحمراء حتى طول موجة ١٠٠٠٠ نم. وبما أن كفاءة الاضاءة من الطاقة المشعة تعتمد على تكوين الطيف (بالنسبة لأطوال الموجات)، فليس هنالك علاقة بين شدة الاشعاع وبين تأثيره في الاضاءة. وبشكل عام، فان القيمة التقريبية لأشعة الشمس تعادل ١٠٠ ليومنز/ واط (100 lumens/W)، وهذا يعطي إضـاءة (أو إنارة) مقدارها ١٠٠ لكس لكل واط م/٢ من شدة الاشعاع أو ١٠٠٠٠٠ لكس/ كيلواط/ م٢ (سوف يأتي تعريف الليومن والواط واللكس في الأبواب القادمة).

١,١,٣ كميـة إشعاع الشّمس

تصل شدة الاشعاع لطبقة الجو العليا (المحيطة بالكرة الأرضية) إلى ما يسمى بثبات الشمس (كمية الطاقة الشمسية الواقعة على سم٢ خارج جو الأرض في الثانية) (Solar Constant) ويقدر بحوالي ١٣٩٥ واط/م٢، وهو

يتراوح بحدود ± ٢٪ نظراً لاختلاف إشعاع الشمس نفسه، وبحدود ٥ , ٣٪ لاختلاف بعد الشمس من المواقع المختلفة من الأرض. وتدور الأرض حول الشمس في حركة بيضوية، وتكمل دورة كاملة كل ٣٦٥ يوماً و ٥ ساعات و ٤٨ دقيقة و ٤٦.٠ ثانية. وهذا المدار البيضوي ناتج عن محصلة قوة جذب الشمس للأرض، وقوة الطرد المركزية الناتجة عن حركة الأرض وعزم القصور الذاتي لها. وتبعد الشمس مسافة ١٥٢ مليون كيلومتر عن أقصى نقطة على المدار البيضوي ومسافة ١٤٧ مليون كيلومتر عن أقرب نقطة على المدار.

**٤ , ١ , ١ ميل محور الأرض**

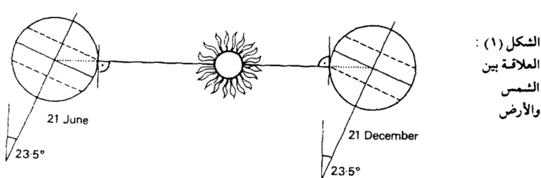
تدور الأرض حول نفسها دورة كاملة كل ٢٤ ساعة على محور دوران (وهمي) بميل عن مستوى المدار الاهليجي (قطع ناقص) بزاوية مقدارها ٥ , ٦٥° (بميل بزاوية مقدارها ٥ , ٢٣° عن العمودي) وهو محور ثابت.

تكون شدة الاشعاع القصوى هي الساقطة على مستوى عمودي على اتجاه الاشعاع فلو كان محور دوران الأرض عمودياً على مستوى مدارها، فان ذلك يعني أن منطقة خط الاستواء هي التي تتعامد مع اتجاه أشعة الشمس. ولكن محور دوران الأرض يميل عن الاتجاه العمودي، وبهذا فان المنطقة التي تتعرض لشدة اشعاع الشمس القصوى هي تلك المنطقة الواقعة بين مدار السرطان (خط عرض ٥ , ٢٣° شمال) ومدار الجدي (٥ , ٢٣° جنوب). وهذا هو السبب الرئيسي لتغيرات الطقس السنوية.

وفي ٢١ حزيران، تكون المناطق الواقعة حول مدار السرطان (خط عرض ٥ , ٢٣° شمال) متعامدةً مع اتجاه أشعة الشمس، ويصل مدار الشمس الظاهري في الذروة على هذا الخط ويكون هذا اليوم هو أطول نهار، وأطول فترة الذروة الطبيعية. وفي الوقت نفسه يكون أقصر الأيام نهاراً خط عرض ٥ , ٢٣° جنوباً، وتكون أشعة الشمس في حدها الأدنى.

وفي ٢١ آذار و ٢٣ أيلول (تكون المناطق الواقعة على خط الاستواء معرضة لأشعة الشمس العمودية ويكون مدار الشمس (في هذين اليومين) أعلى ما يمكن (زاوية سقوط الشمس العمودية أكبر ما يمكن). ويتعادل طول الليل والنهار، في هذين اليومين في بقية أنحاء الأرض (الاعتدالان الربيعي والخريفي). ويبين الشكل رقم (١) العلاقة السابقة.

الشكل (١) : العلاقة بين الشمس والأرض

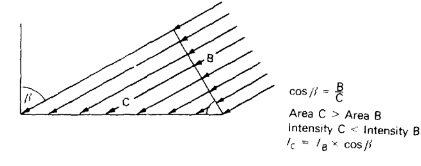



١,١,٥ الإشعاع على سطح الأرض

هذه العلاقة بين الشمس والأرض تؤثر على كمية الإشعاعات التي تصل إلى نقطة معينة على سطح الأرض من ثلاثة أوجه :

١ . قانون جيب التمام، الذي ينص على أن الشدة (شدة الإشعاع والإضاءة) على سطح مائل تساوي الشدة على المستوى العمودي مضروباً في جيب تمام زاوية السقوط. يبين الشكل رقم (٢) كيف أن كمية الإشعاع نفسها تتوزع على مساحة أكبر (بالنسبة للمساحة العمودية على الأشعة) وهذا يعني أن شدة الإشعاع تكون أقل على وحدة المساحة :

الشكل (٢) : زاوية السقوط




٢ . الظروف الجوية المستنفذة (امتصاص أشعة الشمس بواسطة الأوزون، أحد أشكال الأكسجين، والتبخر وذرات الغبار في الجو التي تشكل معاملاً يعادل من ٢ , ٠ ـ ٧ , ٠). كلما انخفضت زاوية سقوط الشمس ازداد طول ممر الإشعاع في الجو ولذلك فان جزءاً صغيراً من الإشعاع يصل سطح الأرض. ويوضح الشكل (٣) هذه العلاقة الهندسية، ويوضح الشكل (٤) هذا التأثير على شكل كميات لنقط تقع على ارتفاعات مختلفة فوق سطح البحر. هذه الظروف الجوية المستنفذة تتأثر أيضاً بالحالة الجوية اللحظية (الطقس) من حيث نقاوة

الجو، والبخار والغبار والدخان. . . ونحوها مما هو موجود في الجو.

٣ . المدة الزمنية لأشعة الشمس أو طول فترة النهار [١]. *

**١،١،٦ الاتـزان الحراريّ للأرض**

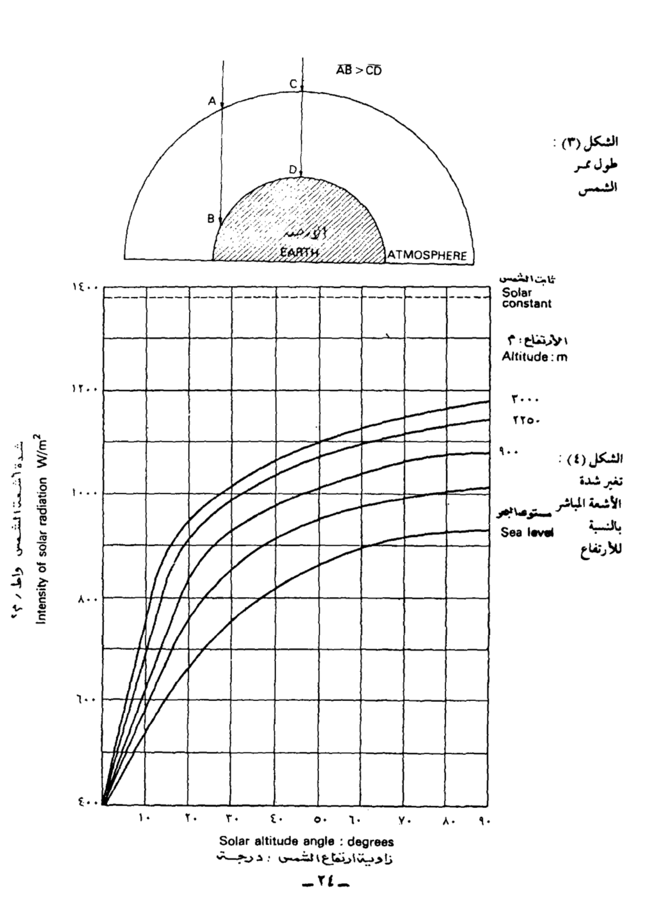
إن الكمية الإجمـالية لكمية الحـرارة الممتصة من الأرض كل عام تعـادل كمية الحـرارة المفقـودة (٢). ولـولا ذلك لاختل الاتزان الحراري الأرض. ولارتفعت درجـة حرارة الأرض والجـو المحيط بها. الأمر الذي يوقف معظم أنواع الحياة عليها.

يبين الشكل (٥) توزيع الحرارة الواردة إلى الأرض، ويبين الشكل (٦) كيف يفقد سطح الأرض الحرارة بثلاثة عوامل :

١ . بالإشعـاع ذي الموجة الطويلة إلى الفراغ الخارجي البارد. (حوالي ٨٤٪ من هذا الإشعـاع يمتص من الغطاء الجوي المحيط بالأرض وحوالي ١٦٪ يشع خارج هذا الغطاء).

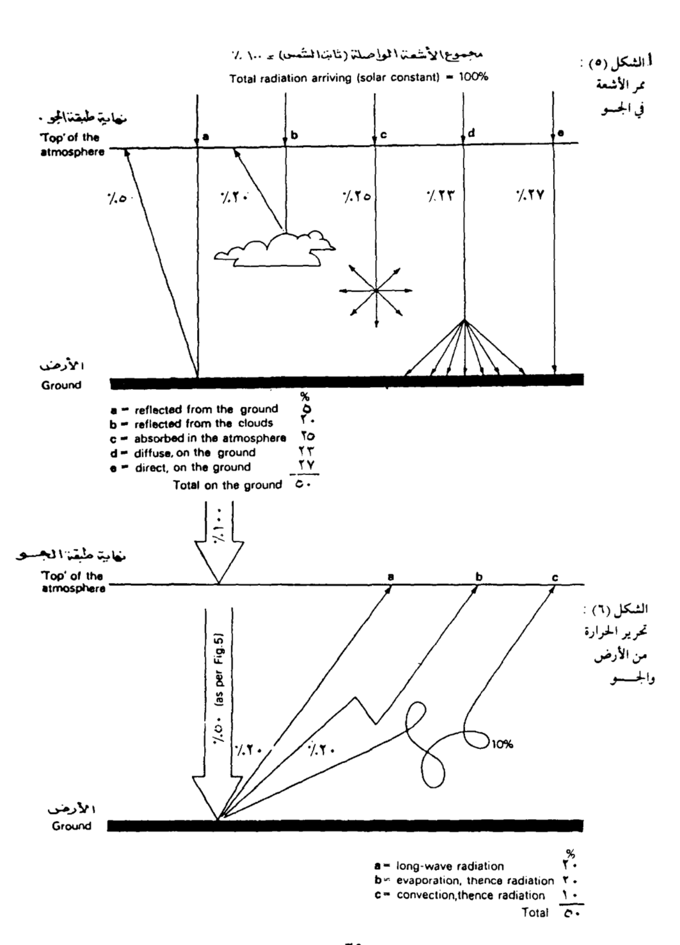
٢ . بالتبخـر : يبـرد سطح الأرض عندما يتبخر الماء ويتحول إلى بخار ويختلط بالهواء.

* الأرقام بين الأقواس المربعة تشير إلى مصادر هذه المعلومات.




الشكل (٣) : طول ممر الشمس

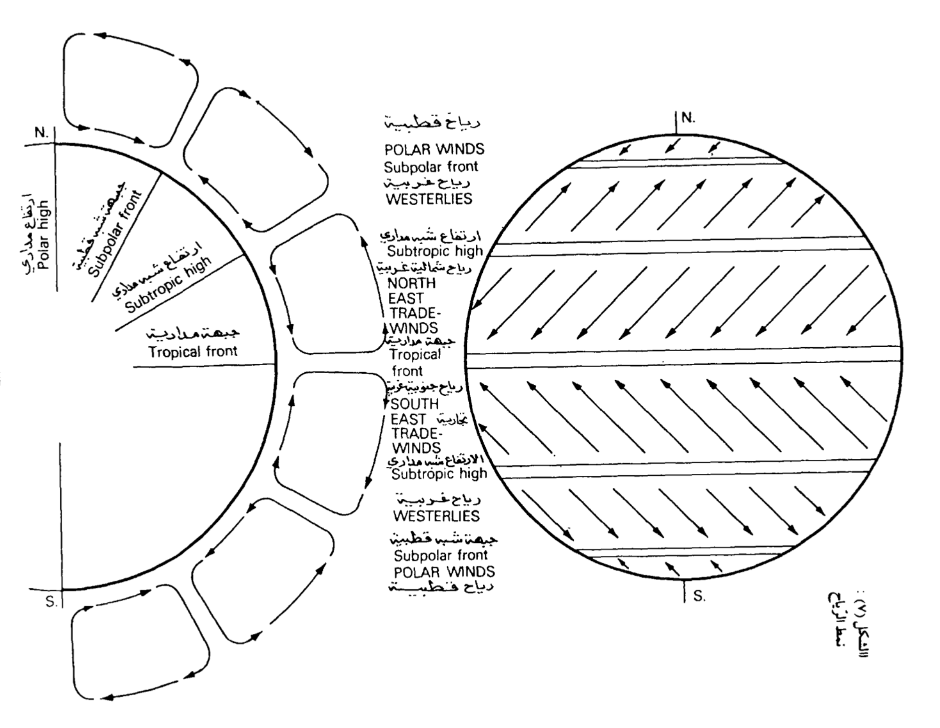
الشكل (٤) : تغير شدة الأشعة المباشر بالنسبة للارتفاع




الشكل (٥) : ممر الأشعة في الجـو

الشكل (٦) : تحرير الحرارة من الأرض والجــو

الشكل (٧) :
نمط الرّياح



٣ . بالانتقـال (انتقال الحرارة بالحمل في اتجاه رأسي) : يسخن الهواء الملامس لسطح الأرض الساخنة، فيصبح أخف فيرتفع إلى طبقات الجـو العليا حيث يفقـد حرارتـه في الفراغ الخارجي. وتُعَدُّ الرياح أساساً، تيارات لانتقال الحرارة تحاول معادلة الاختلاف في الحرارة في المناطق الجغرافية المختلفة* ويعدّل نمط دوران الرياح بدوران الأرض.

١,١,٧ الرّيـاح : القـوى الحراريّة

في المناطق الجغرافية ذات الحرارة العالية (تقع تقريباً ما بين مداري السرطان والجدي) يسخن الهواء بواسطة سطح الأرض الساخنة، ويتمدد، فيقل ضغطه، ويخف وزنه، فيصعد إلى أعلى ويتدفق إلى ارتفاعات عالية، باتجاه مناطق جغرافية باردة. وهنالك جزء من هذا الهواء، بعد أن يبرد في منـاطق مرتفعـة، ينحـدر إلى سطح الأرض باتجـاه خط الاستواء من كلا الاتجاهين الشمال والجنوب.

وتسمى المنـطقة التي تقع فيها الرياح الصاعدة الشمالية والجنوبية وحيث تتكـون الجبهـة الهوائية المدارية، بمنطقة التقابل المدارية. وهذه المنـطقـة تتمتع بأحوال مناخية هادئة تماماً أو يهب فيها نسيم ضعيف في اتجاهات غير منتظمة وهو ما يسميه البحارة «بنطاق الرهو الاستوائي» (Dol-drams). إن النمط الكروي لحركة التيارات الحرارية موضحة في الشكل (٧) وكذلك التوضيح التالي.

١,١,٨ الرّياح الثّابتة (الرّيـاح التجاريّـة) المركّبة الأفقية (قـوس كوربوليس)

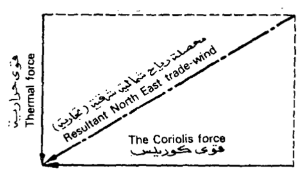
يدور الغلاف الخارجي مع الكرة الأرضية. وبما أن هذا الغلاف أخف من الأرض وانه يتحرك كالسائل، فانه يبقى ملاصقاً لسطح الكرة الأرضية بفعل الجاذبية والاحتكاك ولذلك فان معدل دوران الأرض في المناطق التي تدور بأكبر سرعة (حول خط الاستواء) وقد يحدث هنالك انزلاق أو إفلات بين سطح الأرض والغلاف المحيط نتيجة القوى التي تسمى قوة كوريوليس (Coriolis force). ويتعرض سطح الأرض نتيجة لذلك لرياح تهب بعكس اتجاه دوران الأرض.

---

* فقد حسبت أربعة معدلات لدرجات الحرارة ـ على اعتبار أن الغطاء الجوي ثابت ـ فكانت على خط الاستواء ٣٣° مئوية بدلاً من ٢٧° مئوية أما في القطب الشمالي فكانت - ٤٠° بدلاً من ٠ ١٧°.

إن الـرياح الحقيقية هي نتيجـة القـوى الحـرارية وقوى كوريوليس الشكـل رقم (٨)وهي رياح شمـالية شرقية، شمـال خط الاستواء، ورياح جنـوبية شرقية، جنـوب خط الاستـواء. وتعرف هذه الرياح بالرياح الثابتة الاتجـاه (التجـارية الشمالية الشرقية، والرياح الجنوبية الشرقية) [٥] وقد سماها بذلك البحارة التجار في زمن متقدّم حين كانوا يبحرون حول العالم بالسفن الشراعية.

الشكل (٨): متوازي أضلاع الرياح




١.١.٩ الرّيـاح العكسيّة (الغربيّة) في منتصف خط

يوجد حول خطي العرض ٣٠° شمال و ٣٠° جنوب نطاقان من الضغط الجوي العالي (نتيجة لانحدار الهواء). ويكون الهواء في هاتين المنطقتين خفيفاً ومتغيراً في العادة تهب ما بين خطي العرض ٣٠° شمالاً و ٦٠° جنوباً رياح غربية قوية في اتجاه دوران الأرض.

هنالك خلاف قديم حول سبب هذه الرياح، أما الآن فقد اتفق بوجه عام على أن الـرياح العكسية (الغـربية) على خط العرض يمكن تفسيرها بقانون «المحافظة على الزّخْم الزّاويّ» (Conservation of Angular Momentum) حيث يجـب أن تبقى كمية الـزّخْم الـزّاويّ بين الأرض والغلاف الخارجي ثابتة. فاذا ما قلّت هذه الكمية في منطقة خط الاستواء، نتيجة الرياح الشرقية، فلا بد أن تعرض بكمية مماثلة من الرياح الغربية في مكان آخر، فلو تحرك الهواء من خط عرض ٣٠° حيث تكون له سرعة محيطة قصيرة، باتجاه خط عرض ٦٠° حيث محور دوران الأرض وحيث السرعة

المحيطية للهواء أقل بكثير من السابق، فان الهواء السريع الذي يدور يسبق سطح الأرض*.

١,١,١٠ الرّياح القطبيّة

مرة أخرى، فان نمط هبوط الرياح باتجاه القطبين من خطي العرض ٦٠° شمالاً و ٦٠° جنوباً، يأتي تحت تأثير العوامل الحراريّة. ويشبه هذا النمط، نمط هبوبها حول خط الاستواء؛ حيث تتحرك الرّياح على سطح الأرض من المناطق الباردة إلى المناطق الأقل برودة أو بمعنى آخر بعيداً عن الأقطاب. وحيث أن السرعة المحيطية للهواء تكون قليلة على الأقطاب فان الهواء سوف يتأخر عن الأرض التي تتحرك بعيداً عن الأقطاب. عند ذلك تنحرف الرياح الشمالية باتجاه الشمال الشرقي والرياح الجنوبية (بالقرب من القطب الجنوبي) باتجاه الجنوب الشرقي وتسمّى الرياح الشمالية الشرقية القطبية والرياح الجنوبية الشرقية القطبية.

وفي نقطة تقابل الرياح الباردة القطبية ورياح منتصف خط العرض الغربية، فان نطاقاً من الضغط المنخفض ـ جهة دون القطبية ـ يتكون، وتتكون رياح قوية متغيرة.

١,١,١١ إنحراف الرّياح القطبيّة الطبيعيّة

ينحرف نمط الرياح العالية كل عام من الشمال إلى الجنوب وبالعكس، ولكنه يبقى بشكل عام متماثلاً حول المنطقة الواقعة بين المدارين. وتقع هذه المنطقة حيث كمية الحرارة الشمسية القصوى (ارتفاع الشمس الأقصى مع تأخير مدته حوالي شهر). يمثل الشكل (٩) نهايتي

* بما أن الأرض تدور من الغرب إلى الشرق فان الرياح جميعها تعمل على تباطؤ دوران الأرض نتيجة اصطدامها بسطح الأرض المعاكسة لاتجاهها. أما الرياح الغربية فتؤدي إلى التسارع (نتيجة دورانها باتجاه دوران الأرض) ولكن قانون المحافظة على الزّخم الزّاويّ في النظام «الأرض + الغلاف المحيط» ثابتاً. أما في المناطق التي تتأثر بالرياح الشرقية، فان الاحتكاك بين السطح والرياح يحوّل الزّخم الزّاويّ من الأرض إلى الغلاف المحيط، بينما يحدث العكس في المناطق التي تتأثر بالرياح الغربية حيث تتحوّل الزّخم الزّاويّ من الغلاف المحيط إلى الأرض، وتزداد كمية الزّخم الزّاويّ بازدياد سرعة دوران الغلاف الخارجي. وهذا ممكن عندما يحوّل الغلاف كمية الزّخم الزّاويّ من المدارين وكمية قليلة من جوانب القطبين إلى خطوط العرض المنتصفة (٣).

المنطقة المعروفة بمنطقة التقاء المدارين في شهر تموز (شمالاً) وشهر كانون الثاني (جنوباً).

ونتيجة لهذا الانحراف الحولي، فان معظم الكرة الأرضية يتعرض لتغيّرات موسميّة، ليس بالنسبة لتغير درجات الحرارة فقط، ولكن أيضاً بالنسبة لاتجاهات الرّياح وكمية الأمطار السّاقطة (نتيجة لحركة الرّياح التي تحمل بخار الماء).

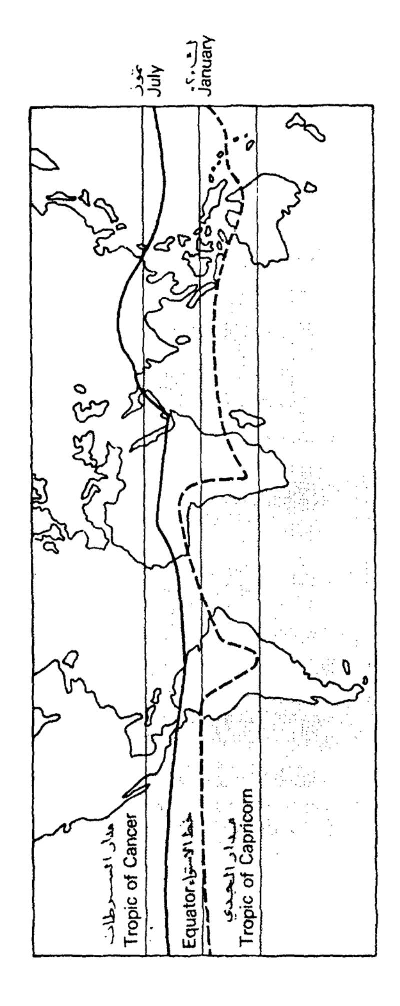
**١,١,١٢ تأثير التضاريس المنطقة المدارية**

واستناداً بالقياس العالمي، فان الرياح والأمطار، يحدثان نتيجة للتفاعل أو للتأثير المتبادل بين أنماط تدفق الظروف المناخية العريضة وبين أنماط الضغط والحرارة الإقليمية، التي تتشكل تحت تأثير اختلاف الحرارة المكتسبة من الشمس بين البر والبحار والغابات.

وتتأثر قوة الرطوبة واتجاهها وكميتها بتدفق الرياح كثيراً بالتضاريس الطبيعية تنحرف الرياح أو تتجه إلى أعلى إذا ما صادفت سلاسل جبال. وتنحرف إلى أعلى إذا بردت وتفقد ما بها من رطوبة (على شكل أمطار). ونادراً ما تمطر الرياح المنحدرة ولذلك فان سقوط الأمطار يتأثر كثيراً بالموقع، إذا كانت الجبال باتجاه هبوب الرياح أو على السفوح الواقعة بعكس اتجاه هبوبها. وتعتمد كمية الرطوبة في الرياح كذلك على تبخر المياه من الأسطح السفلى، أو بمعنى آخر، على وجود كميات من المياه المتبخرة.

ويمكن لحركة الرياح أن تكون في مدى صغير، بين بحيرة وشاطئها، بين مقلع للحجارة وبين غابة مجاورة، بين بلدة وبين ما يحيط بها من ريف وحتى بين جزء مشمس من بناية كبيرة وآخر ظليل، وهذا ما سنتعرض له في الجزء [٦] ١١,٤,١.

الشكل (٩) :
التغيرات
الفصلية في
المنطقة المدارية



# ١,٢ عناصر المناخات

١,٢,١ معلومـــات المنـــــاخ
١,٢,٢ درجة الحرارة : القياسات
١,٢,٣ درجة الحرارة : معطيـــات
١,٢,٤ الرطوبة : القياسات
١,٢,٥ ضغط البحـــــار
١,٢,٦ الرطوبة : المعطيـــات
١,٢,٧ التساقط (المطر، الثلج، الندى)
١,٢,٨ كمية الأمطار ـ دائرة المطر
١,٢,٩ ظروف السمـــاء
١,٢,١٠ أشعة الشمس : القياسات
١,٢,١١ أشعة الشمس : المعطيات
١,٢,١٢ الرياح : القياسات
١,٢,١٣ الرّياح : المعطيات
١,٢,١٤ المميزات الخاصـــة
١,٢,١٥ النباتـــات
١,٢,١٦ التمثيل البياني

١,٢,١ معلومـــات المنـــــاخ

يهتم المصمم بشكل خاص بالعناصر المتعلقة بالمناخ التي تؤثر على راحة الإنسان وعلى استعمال المباني. وهذه العناصر هي، درجة الحرارة (المعـدل والتغيرات بين الحدين، أقل درجة حرارة وأقصى درجة حرارة، والاختلاف في درجات الحرارة بين الليل والنهار أو المدى اليومي) والرطوبة وأطوال النهار والاشعاعات الواردة والصادرة وسقوط الأمطار وتوزيعها وحركة الـرياح وبعض المظاهر الخاصة مثل الرياح التجارية والعواصف الرعدية والعواصف الغبارية والأعاصير.

إن المعلومـــات المسجلة عن المنـاخ ممـا نجمـع في المـطارات ومحطات الأرصاد الجوية لا تجمع بالدرجة الأولى لاستعمال المصمم، بل

إن بعض المنشورات تحذف أحياناً بعض المظاهر المهمة للمصمم. وفي بعض الأحيان تكون الحاجة لاستكمال هذه المعلومات مباشرة من محطات الأرصاد الجوية.

وتكون مهمة المصمم تحليل المعلومات عن المناخ وتقديمها بشكل يمكن من ملاحظة الملامح البارزة التي تفيد سكان المبنى في المستقبل أو تضرهم.

١.٢.٢ قياس درجات الحرارة

وتقاس الدرجة المئوية لحرارة الهواء في معظم الأحيان بميزان حرارة زئبقي وتكون درجة الحرارة المسماة «درجة حرارة الهواء الحقيقية» والمقاسة بميزان حرارة ذي بصيلة جافة، مقياساً لدرجة الحرارة في الظل. ويحاط ميزان الحرارة بصندوق خشبي على شكل أباجور (نافذة خشبية ذات شقوق للتهوية)، وتعرف باسم «ستارة ستيفينسون»، الشكل (١٠) ويكون ارتفاعه ما بين ١,٢٠ - ١,٨٠ متر فوق الأرض [٧].

وتؤخذ القراءات في أوقات محددة من اليوم، أو قراءة واحدة في اليوم تمثل درجة الحرارة اللحظية إضافةً إلى درجتي الحرارة القصوى والدنيا (وفي حالة استعماله ميزان حرارة خاص) في اليوم السابق. ويمكن استبدال ذلك بمرسمة تغير درجات الحرارة (Thermograph) مبني على أساس ميزان حرارة ثنائي المعدن أو مرسومة تغير درجات الحرارة مكونة من شريحة ثنائية المعدن، تعطي خطاً بيانياً مستمراً للتغير في درجات الحرارة.

١.٢.٣ درجة الحرارة: المعطيات

إن جميع المعلومات السابقة تشكل كمية كبيرة من المعطيات التي تصعب الاستفادة منها إلا بعد اجراء بعض التبسيط عليها. ويمكن استعمال معدل درجات الحرارة الشهرية كوصف عام لنصف درجات الحرارة في شهور السنة الاثني عشر. يؤخذ المعدل في كل يوم بين القيمة القصوى والدنيا، ويؤخذ بعين الاعتبار بعد ذلك المعدل النهائي للشهر (ويمكن استعمال المعدل الشهري لشهر معين في أي عدد من السنوات). ويمكن اعطاء فكرة عن الاختلاف اليومي في درجات الحرارة بحيث تستعمل معدل درجات الحرارة الشهرية القصوى والدنيا (معدل درجة الحرارة الشهرية القصوى يعني مجموع درجات الحرارة اليومية القصوى في شهر مقسوماً على عدد أيام

الشهر). وسوف تكون هذه المعدلات (معدل درجة الحرارة الشهرية ومعدل درجات الحرارة القصوى والدنيا الشهرية) أساساً لمعدل حدود درجات الحرارة في شهر.

ويمكن الاستفادة من تسجيل أقصى وأدنى درجة حرارة تسجل في شهر، في معرفة أقصى تباعد في قيم درجات الحرارة في شهر ما.

هذه القيم الخمس (معدل درجة الحرارة الشهرية، معدل درجات الحرارة القصوى والدنيا الشهرية، معدل فروق درجات الحرارة الشهرية، أقصى وأدنى درجة حرارة شهرية، ومعدل حدود درجات الحرارة الشهرية) لكل شهر من أشهر السنة تعطي صورة واضحة ومعقولة عن درجات الحرارة التي يمكن اعتمادها أساساً للتصميم. (لمزيد من المعلومات انظر الجزء رقم ٨).

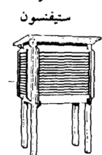
١,٢,٤ الرطوبة: القياسات

يمكن وصف كمية الرطوبة في الهواء بأنها الكمية المطلقة (Absolute Humidity): وهي كمية الرطوبة الحقيقية في وحدة الكتلة (غم/كغم) أو وحدة الحجم من الهواء (غم/م٣).

والرطوبة النسبية (Relative Humidity, RH) على كل حال تعتبر أكثر فائدة، حيث تعطي مؤشراً مباشراً عن كمية التبخير. وتعتمد كمية الرطوبة التي يستطيع الهواء أن يحتفظ بها (نقطة التشبع saturation-point Humidity (SH)) على درجة حرارة الهواء (انظر الجدول ١,١). ويمكن تعريف الرطوبة النسبية بأنها النسبة الحقيقية للرطوبة، بالنسبة لكمية الرطوبة التي يستطيع الهواء أن يحتفظ بها في درجة حرارة معينة ويعبر عنها بنسبة مئوية:

$$RH = \frac{AH}{SH} \times 100\%$$

الشكل (١٠): ستارة ستيفنسون



وتقاس الرطوبة عادة بجهاز يسمى مرطاب (جهاز قياس الرطوبة النسبية في الجو) وله بصلة جافة مبللة. ويتكون من ميزاني حرارة مُبروَزان بعضهما ازاء بعض. الأول يقيس درجة حرارة الهواء (dry-bulb termperature DBT) والثاني تغطي بصيلته قطعة من القماش المبلل، فتتبخر

الرطوبة فتعطي تأثير التبريد (حول البصيلة) ولذلك، فان قراءة ميزان الحرارة ذي البصيلة المبللة (Wet-bulb termperature WBT) تكون أقل من ذي البصيلة الجافة (DBT). وعند قياس درجة حرارة الهواء، فان التبخر يكون أسرع ويكون التبريد حول البصيلة أكثر، ولذلك فان الفرق في درجتي الحرارة، الجافة والرطبة، يكون أكبر. وعندما تكون الرطوبة النسبية في الهواء ١٠٠٪ فان القراءتين الجافة والرطبة تكونان متساويتين. ومن القراءتين، يمكن إيجاد الرطوبة النسبية (RH) وذلك باستعمال جداول خاصة أو مسطرة منزلقة خاصّة انظر رقم (٢، ١).

١،٢،٥ ضغط البخار

وهناك دليل آخر، أو تعبير ثان عن رطوبة المحيط، وهو الضغط الجزئي لذرات بخار الماء الموجودة في الهواء. ويعرف الضغط الجوي ((atmospheric Pressure' (P)) بأنه حاصل مجموع الضغط الجزئي للهواء الجاف ((partial pressure of dry air (Pa)) والضغط الجزئي للبخار (partial Vapour Pressure Pa).

$$P = Pa + Pv.$$

ويكون الهواء مشبعاً بالرطوبة عندما يكون ضغط البخار مساوياً لضغط البخار المشبع في درجة الحرارة نفسها (Pvs) ويمكن التعبير عن الرطوبة النسبية أيضاً بأنها النسبة بين ضغط البخار الحقيقي وضغط البخار في الاشباع:

$$RH = \frac{AH}{SH} \times 100 = \frac{PV}{P_{vs}} \times 100\,(100\%)$$

الشكل (١١): الهيجروجراف

يقاس ضغط البخار بالوحدات العالمية (SI)، نيوتن/م². = milibar $100\ N/m^2$ ضغط البخار لا يستعمل كثيراً في الحياة العملية. ويمكن ملاحظة العلاقة بين الكميات المختلفة، ودرجة الحرارة الجافة الرطبة والرطوبة النسبية وضغط البخار في الشكل رقم (١٢).

لمعرفة حالة الرطوبة السائدة، يكفي أن تعطي معدل الرطوبة النسبية الشهرية القصوى (معدل الرطوبة النسبية القصوى في ٣٠ يوماً) والدنيا لسنة

١,٢,٦ الرطوبة : المعطيات

كاملة . وهذا يكفي ، اذا وجدت قراءات مستمرة (مسجلة على ورق خاص) على جهاز يسمى مرسمة (hygrograph) *. ولكن اذا كانت هذه المقادير غير مسجلة فتؤخذ قراءات ما قبل الشروق مباشرة (الساعة ٦ صباحاً) التي يمكن اعتبارها الحد الأقصى ، والساعة ٣ بعد الظهر واعتبارها الحد الأدنى .

وحيث أن القراءات في الصباح تكون عالية في أي مناخ ، فان قيم القراءات بعد الظهر تكون مختلفة من مناخ إلى آخر . ولذلك تستخدم هذه القراءات وحدها كمؤشر تقريبي على أحوال الرطوبة .

١,٢,٧ التساقط

ويستخدم هذا التعبير على أنه كلمة جامعة لما يتساقط من أمطار وثلوج وندى وصقيع ، كشكل من أشكال ترسيب الماء من الجو المحيط . ويقاس بمقياس خاص يسمى مقياس الأمطار (raingauge) معبراً عنه بالمليمتر/ وحدة زمن (مم/ شهر أو مم/ يوم) .

وتعبّر القيم عن كمية الأمطار الكلية المجموعة لكل شهر أو لكل سنة (أو معدل لعدد من السنوات) وتعطي هذه القيم نمط جفاف المواسم أو رطوبته . أما القيم القصوى أو الدنيا (الشهرية أو السنوية) فانها تعطي مؤشراً على استمرارية الأمطار أو الانحراف عن المعدل .

وأما كمية هطول الأمطار في أية ٢٤ ساعة فانها تعطي مؤشراً عن الفيضان وعن نوعية وطريقة تصميم صرف المياه (عن الأسطح والمناطق المظللة والميازيب ومواسير الصرف) ومن المفروض أيضاً معرفة كثافة المياه الساقطة في الساعة (مم/س) .

١,٢,٨ دائرة المطر

وقد يحتاج مصمم المبنى ، اذا كانت الأمطار الكثيفة تصاحبها رياح قوية أم لا أو بمعنى آخر ، ما يعرف باسم دائرة المطر (driving rain) [٩] .

يمكن تمييز موقع ما يسمى دليل دائرة المطر (driving rain index)

* هو جهاز يعتمد على حركة شعر الانسان عند ترطيبه ، هذه الحركة تعتمد على كمية الرطوبة . وتظهر تمدد وتقلص هذه الشعيرات إلى حركة ميكانيكية ، وتسجل بواسطة قلم على شكل خطوط مستمرة ، للاختلاف في الرطوبة ، على ورق خاص ملفوف على اسطوانة تدور بسرعة ثابتة .

[١٠] وهي ما يعبر عنها بدرجة التعرض. وتنتج عن كمية الأمطار السنوية الهاطلة (بالمتر) ومعدل سرعة الرياح السنوية (بالمتر/ ثانية)، ولذا تكون وحدتها بالمتر المربع/ ثانية. ويمكن اعتبار الموقع الذي تبلغ فيه هذه الكمية ٣م٢/ثانية بأنه موقع محميّ. كما يمكن اعتبار الموقع الذي تبلغ فيه هذه القيمة ما بين ٣ ـ ٧ م٢/ث بانه موقع متوسط والمكان الذي يبلغ فيه دليل دائرة المطر أكبر من ٧ م٢/ث بانه موقع قاس.

ومن الواضح أن هذا الدليل يصنف بشكل عريض موقعاً ما، ولكن نفاذ الأمطار إلى موقع ما يعتمد حقيقة وبشكل أدق على شدة الأمطار اللحظية وسرعة الرياح في اللحظة نفسها.

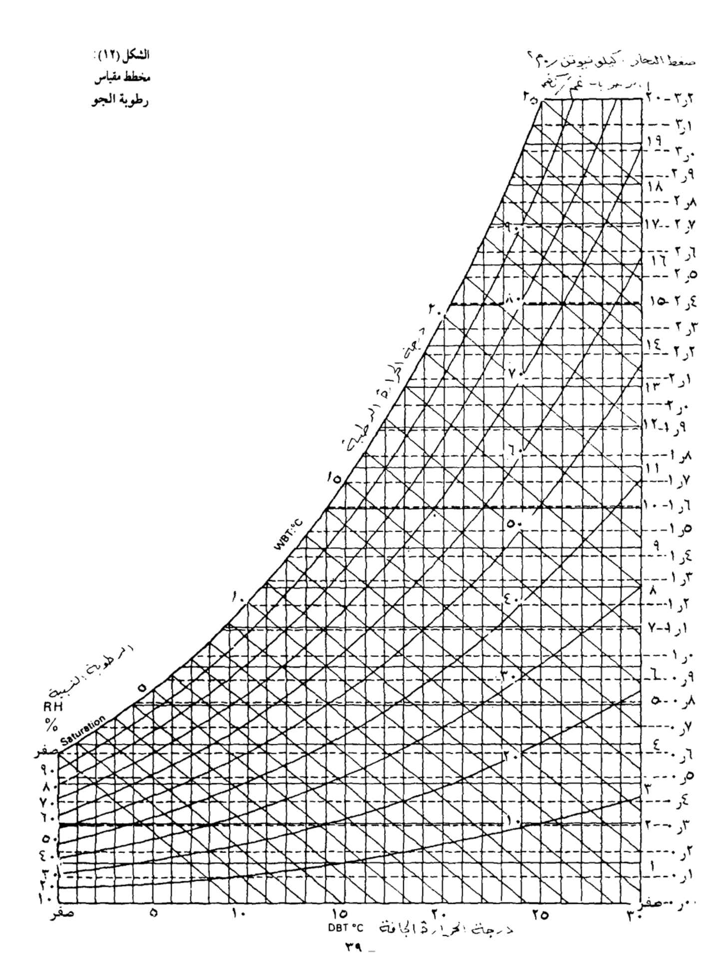
١,٢,٩ حالة السماء

تعبّر حالة السماء عادة عن مدى وجود الغيوم أو عدم وجودها. وفي المعدل فان ملاحظتين تسجلان في كل يوم، وعندما يُغَطّى جزء من السماء بالغيوم فانه يعبر عن هذا الجزء بنسبة مئوية (بعض التسجيلات تعبر عن تغطية السماء بالغيوم بالأعشار أو بالأثمان، مثل ٥٠٪ أو خمسة أعشار أو أربعة أثمان، وهي كلها تعني أن نصف مجموع الجو مغطى بالغيوم). وهنالك قراءات قليلة موجودة تعبر عن حالة السماء ليلا [١١].

ومن المفيد للمصمم أن يعرف الوقت والمرات التي تكررت فيها ملاحظة حالة السماء وتسجيلها. ويمكن أن يكون رقمك يعبر عن معدل حالة السماء ليوم نمطي أو مطابق، في شهر ما، عدة فوائد معبرة، مثل أن يكون ما بين الصباح وبعد الظهر ذا حالة جوية تؤثر على تصميم الأسقف، والمظلات وعناصر كاسرات الشمس.

١,٢,١٠ أشعة الشمس. القياسات

يمكن استخدام مسجل بسيط لأشعة الشمس، ليسجل امتداد فترة إشراق الشمس معبراً عنها بعدد الساعات في اليوم كمعدل لكل شهر. وهنالك مجموعة من الأجهزة المتطورة (مقياس الاشعاع الشمسي Solarimeter ) ومقياس لقطر الشمس والأبعاد الزاوية الفلكية (heliometer) ، ومقياس قوة الاشعاع (actinometer) ، ومقياس درجات الحرارة (pyranometer) تستخدم لتسجيل كمية الاشعاع الشمسي، ولكن




الشكل (١٢):
مخطط مقياس
رطوبة الجو

المعلومات التي يعول عليها، القابلة للمقارنة، قليلة وبعيدة. ففي معظم ما كتب عن الموضوع تعطي شدة الإشعاع الشمسي بوحدة الحرارة البريطانية (British Thermal Unit BTU) أو بالكيلوكالوري / م٢/ ساعة أو بوحدة الإشعاع الحراري (Langley)، كالوري / سم٢/ ساعة، ولكن الوحدة المقبولة عالمياً (SI) هي الواط / م٢، هذه هي شدة الاشعاع اللحظية (سقوط الاشعة على سطح في زمن معين : (جول : وحدة قياس للطاقة = ١٠ ملايين أرغ، (Joules : جول/ م٢/ ثانية (واط/ م٢ ث = جول/ ث). وسوف يعبر عن مجموع الطاقة المشعة الساقطة في مدة كبيرة، كيوم كامل مثلاً بالجول/ م٢ أو المضاعفات ميجاجول/ م٢ يوم (ميجاجول = مليون جول) [١٢].

**١,٢,١١ أشعة الشمس: المعطيات**

إنّ كمية الأشعة الشمسية المشعة في اليوم (ميجاجول/ م٢ يوم) لكل شهر منفرداً، وعلى مدار السنة تعطي مؤشراً مقبولاً عن حالة الطقس، بما فيها التغيرات الفصلية. ويمكن أيضاً اضافة أعلى وأقل مجموع لكمية الاشعاع اليومية لكل شهر للنظر في حدود التغيرات التي يمكن حدوثها. (أقصى / كمية إشعاع في أيام شهر ما).

وفي حالة تصميم التفاصيل، يجب أن يحدد معدل شدة الطاقة الشمسية الساقطة في اليوم (ميجاجول/ م٢ س)، أو معدل شدة الطاقة الساقطة في الساعة (واط/ م٢ أو على الأقل، أعلى وأقل كمية اشعاع ساقطة ليوم نمطي من أيام السنة.

إنّ كميـة الإشعاع عادة لا توجد كمعطيات منشورة من الأرصاد الجوّية، ولكنها تكون موجودة تحت الطلب، ويمكن إيجادها في مطبوعات خاصّة [١٣]. وهنالك الهيئة الجوية للولايات المتحدة (US Weather Bureau) تجمع التسجيلات عن كثافة الأشعة الشمسية من جميع أنحاء العالم.

ويعطي الملحق رقم (٢) مجموعة من المناقل لحساب شدة الاشعاع في ظروف السماء الصافية، لاستخدامها مقترنة بالرسم البياني لشدة الاشعاع الشمسي الثلاثي الابعاد. كما يمثل الملحق رقم (٣) الطريقة

لتقدير الكمية الاجمالية للاشعاع الشمسي اليومي معتمدة على أساس المدة التي تظهر فيها الشمس المسجلة.

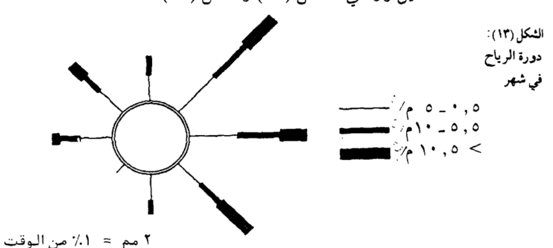
١,٢,١٢ الرياح: القياسات
تقاس سرعة الرياح بواسطة مقياس سرعة الرياح (anemometer) ذي المروحة أو الصحن، أو بواسطة مقياس سرعة السوائل (pilot tube) شبيه بمقياس سرعة الرياح المستخدم في الطائرات. واتجاه الرياح يمكن تحديده بمروحة الريح. كما يمكن الحصول على معلومات مسجلة لسرعة الرياح واتجاهها باستعمال مرسمة الرياح (anemograph) تقاس سرعات الرياح عادة، أو تسجل، في أرض مستوية على ارتفاع ١٠ متر [١٤]. وأما القياسات في المدن أو المناطق المأهولة فعادة ما تقاس على ارتفاع يتراوح ما بين ١٠ ـ ٢٠ متراً لتجنب العوائق. وتكون عادة سرعة الرياح بالقرب من سطح الأرض أقل منها في حالة الرياح الحرة ـ البعيدة عن العوائق وسطح الأرض.

وتقسم اتجاهات الرياح إلى ثمانية أو ستة عشر قسماً: أربعة في الاتجاهات الرئيسية (الشمال والشرق والجنوب والغرب) وأربعة متوسطة بين الاتجاهات الرئيسيّة (شمال شرق وجنوب شرق وجنوب غرب وشمال غرب) كما يمكن استخدام الاتجاهات الثمانية الثلاثية (الشمال والشمال الشرقي، الشرق والشمال الشرقي والشمال الشرقي والجنوب والجنوب الشرقي والجنوب والجنوب الغربي، والغرب والجنوب الغربي، الغرب والشمال الغربي، والشمال والشمال الغربي). وتقاس السرعة بالأمتار/ ثانية (م/ث)، ولكن هنالك معلومات يمكن حسابها في الوحدات المطلقة، مثل القدم/ دقيقة، ميل/ ساعة أو عقدة (ميل بحري/ ساعة). وما زال مقياس سرعة الرياح الذي طوّرَهُ بيفورت عام ١٨٠٦، والذي اعتمد على أساس المشاهدة البصرية، يستخدم رغم أنه ليس له طبيعة علمية. ويبين الملحق رقم (٤) تعريف التصنيفات الاثني عشر السابقة.

١,٢,١٣ الرّياح: المعطيات
يجب على المصمم أن يحدد أنّ هنالك اتجاه سائد للرياح، وما اذا كان هنالك انحراف يومي أو فصلي يمكن التنبوء به، وما اذا كان اتجاه ملحوظ سائد لسرعة الرياح اليومي أو الفصلي. ويجدر به أيضاً أن يلاحظ الأوقات التي تكون فيها الرياح هادئة في كل شهر.

وفي العادة فان جميع محطّات الأرصاد تسجل حدوث العواصف أو الأعاصير أو الأعاصير المدارية أو الدورية. وتجدول عادة تسجيلات الرياح بالنسبة لاتجاهاتها وسرعتها، وبشكل يوضح دورة حدوثها في فترة زمنية قصيرة عادة ما تكون ٢٥ ـ ٥٠ سنة وهنالك عدة طرق لتمثيلها بيانياً. وبعض هذا التمثيل وارد في الشكل (١٣) والشكل (١٤).

الشكل (١٣): دورة الرياح في شهر




١,٢,١٤ خــواص مميزة

تتعرض معظم الأقاليم لظروف غير مستحبّة، مثل تساقط الثلوج والعواصف الرعدية، والزوابع العادية أو الدّوارة، والهزات الأرضية، والأعاصير الدوامة والخماسين والعواصف الرملية. وعلى الرغم من أن حدوثها قد يكون نادراً، ولكن من الأهمية بمكان استنباط دورة حدوثها، ومدة دوامها وطبيعتها من معطيات الأرصاد الجوية. ويجب على المصمّم أن يصنف مثل هذه الأحداث إلى قسمين : قسم يؤثر على راحة الانسان، وقسم يؤثر على سلامة المباني وحياة السكان. فاذا سببت عدم الراحة، سواء للعمل أو النوم، فانها محتملة اذا كانت نادرة ولا تدوم أكثر من بضع ساعات. ولكن سلامة المنشآت لا بد من ضمانها ولو كانت نادرة الخطورة.

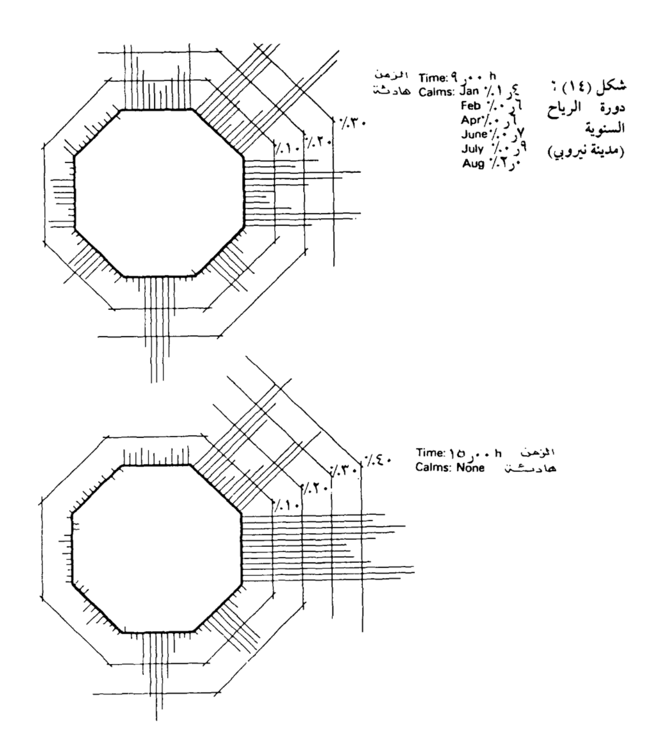
١,٢,١٥ النباتــات

ولا تكتمل الصورة عن المناخ دون ملاحظة طبيعة الغطاء النباتي. وعلى الرغم من أنه يُعَدُّ نتيجة للمناخ نفسه إلاّ أنه يؤثر في مناخ الموقع المحلي. ويُعَدُّ عنصراً مهماً في تصميم المساحات الخارجية، ويزودها بمساحات مظللة من أشعة الشمس ويوفر حماية من الانبهار (glare).

ويمكن أن يمتد هذا الجزء عن مسح المناخ من ملاحظات بسيطة حول نوع النباتات الحية إلى مجمل طويل عن غالبية الأشجار والنباتات المحلية : أشكالها وألوانها وأفضلية أماكنها وتوجيهها .

١٠٢،١٦ التمثيل البياني وليس من السهل معرفة طبيعة مناخ ما بنظرة بسيطة إلى الكميات الهائلة من المعلومات المسجلة في أقرب محطة أرصاد جوية . بل من الضروري تصنيف المعلومات الموجودة وتلخيصها، وتسهيلها بما يتناسب مع الأهداف والمطالب الضرورية للتصميم بالنسبة للمناخ . ويمكن انجاز ذلك بصورة أفضل بتبني طريقة قياسية للاخراج أو الرسم البياني . ويمثل الشكل (١٥) طريقة بيانية طورت لتسهيل وصف المعلومات الخاصة بالتصميم البيئي . كما يمثل الشكل (١٦) مخططاً بيانياً للتغيير اليومي لعنصر من عناصر المناخ (درجة الحرارة) في السنة كلها برسم خطوط الكنتور ذات درجات الحرارة المتساوية، كتلك الموضحة في الشكل (١٦) .

وللمساعدة في فهم مناخ غير مألوف أو غير عادي يمكن أن يقارن هذا المناخ بمناخ مألوف ومن ثم قياس وملاحظة الفرق بينهما . وأفضل طريقة لتحقيق ذلك تكون باستخدام طريقة عرض بيانية قياسية أولاً لمناخ البلدة التي يعيش فيها وبعدها للمناخ الغريب المراد معرفة خواصّه . وعند وضع الرسمين البيانيين جنباً الى جنب، أو وضع أحدهما فوق الآخر، إن كان أحدهما شفافاً، فان التشابه والاختلاف بين خواص المناخين أو المنطقتين يصبح واضحاً، ويمكن أيضاً ملاحظة المظاهر المميزة لهذا المناخ . ويمكن اظهار معظم الاختلافات المهمة باستخدام طريقة المقارنة للرسومات البيانية المبسطة، كما يظهر في الشكل (١٧) .




شكل (١٤) :
دورة الرياح السنوية
(مدينة نيروبي)

شكل (١٥)      منحنى المنـاخ لمناخ مداري مرتفع (نيروبي)

Sunshine: h/day
٢
٤
٦
٨
١٠

Radiation . MJ/m² day
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
صفر
أعلى
Max.
معدل Av.
أدنى Min.

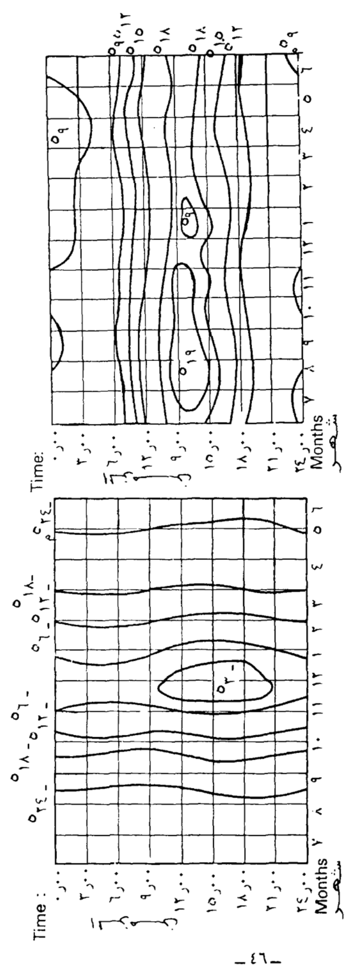
Temperature: °C
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
صفر
الحد الأقصى
Extreme Max.
Mean Max.
Mean
Mean Min.
Extreme Min.

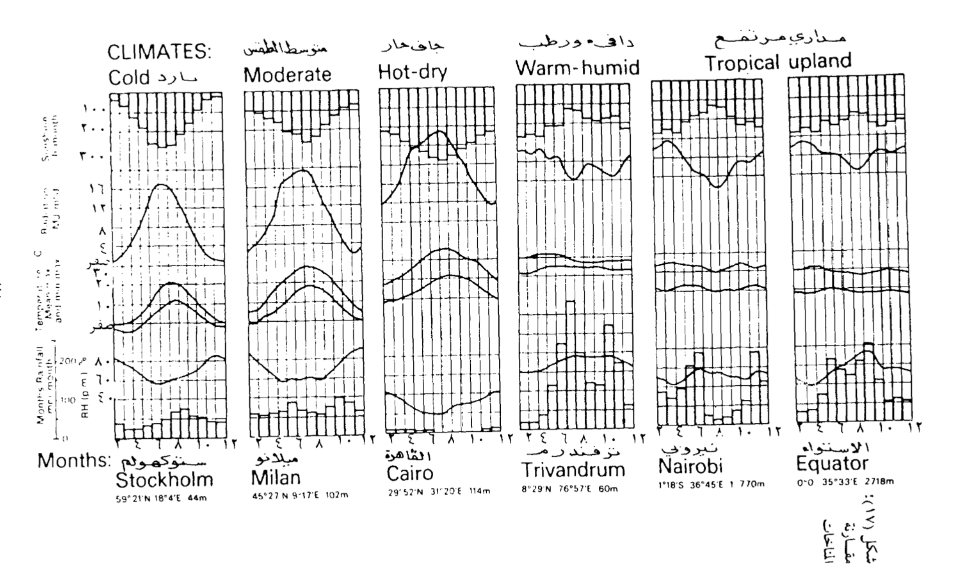
RH: %
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
RH. 6 a.m.
RH: 3p.m.

Rainfall : mm/month كمية سقوط الأمطار : مم / شهر
٥٠٠
٤٠٠
٣٠٠
٢٠٠
١٠٠
صفر
Max.
Av.
Min

Jan Feb. Mar. Apr. May. June July Aug. Sept. Oct. Nov. Dec.

شكل (١٦): الخطوط الكنتورية لدرجات الحراة






شكل (١٧): مقارنة المناخات

## ١,٣ تصنيف المناخات المدارية:

١,٣,١ مناطق المناخ
١,٣,٢ المناخات المدارية
١,٣,٣ المناخ الدافىء الرطب
١,٣,٤ المناخ الدافىء الرطب - للجزر -
١,٣,٥ المناخ الصحراوي، الحار الجاف
١,٣,٦ المناخ الصحراوي الساحلي، الحار الجاف
١,٣,٧ المناخ المركب أو الموسمي
١,٣,٨ المناخ المداري للمناطق المرتفعة

١,٣,١ مناطق المناخ

ينتج من تفاعل الاشعاع الشمسي مع الجو، وقوى الجاذبية مع توزيع الأرض والبحر، أصناف لا حصر لها من المناخات تقريباً. ومع ذلك يمكن تمييز مناطق معينة أو أشرطة من المناطق لها مناخات متشابهة تقريباً. ولذلك فان من الأساسيات التي يجب أن يراعيها المصمم أن يكون على علم بمميزات هذه المناطق ومواقعها لأنها مؤشر لبعض المشكلات المناخية التي يجب عليه أن يضعها في الحسبان.

لا يمكن وضع حدود ثابتة لمناطق المناخات المختلفة. فيمكن لمنطقة أن تندمج تدريجياً، وبطريقة غير محسوسة، في منطقة أخرى. ولكن يمكن تمييز المناطق بسهولة، أو تمييز منطقة التحوّل بين منطقتين والى أي المنطقتين تقع منطقة الاستقرار (البشري).

إن هذا العمل الحالي، يختص بالمناطق المناخية المدارية فقط، كما وضحنا ذلك في القسم (١,١,١). فتقسيم المناطق المناخية الى مناطق فرعية سوف ينظر إليها كأداة مفيدة لتوصيل المعلومات. وهذه مهمة المصطلحات لنقل كمية كبيرة من المعلومات لهؤلاء الذين لهم علاقة بها. وتزداد فائدة المصطلحات بزيادة العارفين بها والمستخدمين لها والذين يقبلون بها.

١,٣,٢ المناخات المدارية

ان التصنيفات الواردة فيما بعد، اقترحها اتكنسون (G.A. Atkinson)

عام ١٩٥٣ . وقد ظلت مقبولة على مستوى واسع منذ ذلك الحين الى يومنا هذا وثبتت جدواها . وقد اعتمدت في التصنيف على عاملين جوّيين لهما أثرهما في راحة الانسان وهما: درجة حرارة الهواء والرطوبة (كما سنرى الجزء رقم ٢) والمعيار الرئيسي هو: ما هي القيم القصوى أو المتطرفة التي تسبب عدم الراحة نتيجة للعاملين السابقين . ولذلك فقد قسّمت المناطق المدارية من الأرض الى ثلاث مناطق مناخية رئيسية وثلاث مناطق فرعية .

١ . المناخ الاستوائي الحارّ الرّطب: ويتضمن الحار الرطب للجزر أو المناخ ذو الرياح التجارية .

٢ . مناخ صحراوي حار جاف: ويشمل المناخ الصحراوي الحار الجاف الساحلي .

٣ . مناخ مركب أو موسمي (مركب من المناخ رقم ١ ، ٢) ويشمل المناخ المداري للمناطق المرتفعة .

سيتم الرجوع إلى الأقسام بين ثنايا الكتاب . وسنقدم فيما يأتي تفاصيل لكل منطقة . (معظم القيم المثبتة في هذا الكتاب أخذت من (اتكنسون) [١٥] .

١,٣,٣ المناخ الدافىء الرطب

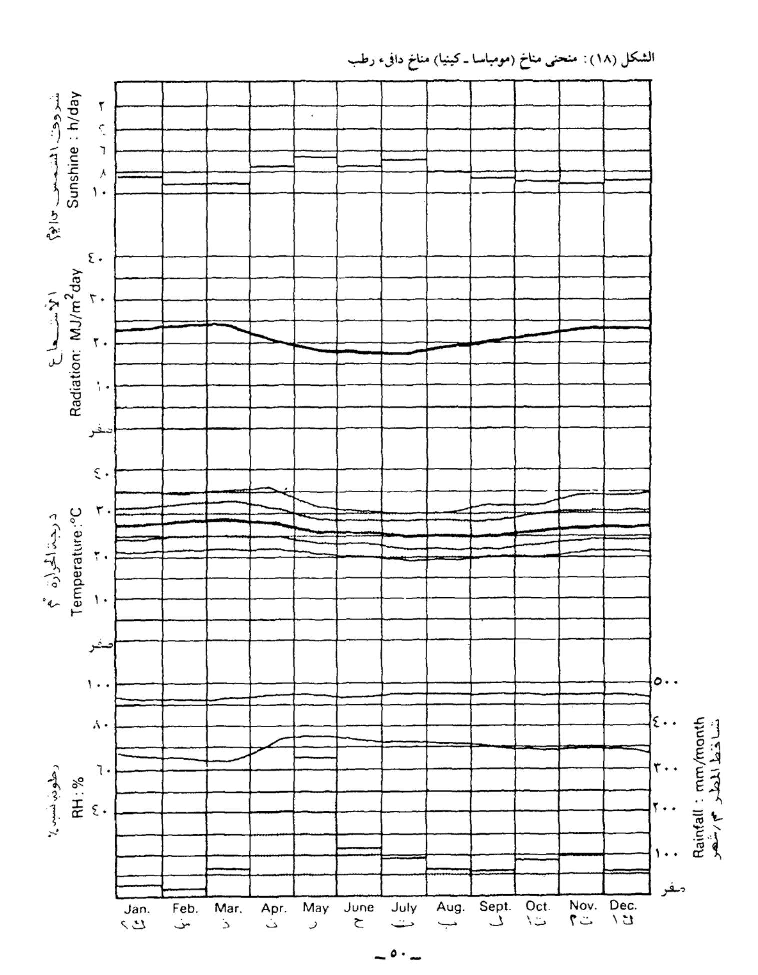
يمتد هذا المناخ حول خط الاستواء على حزام يأخذ من خط عرض ١٥° جنوباً حتى خط عرض ١٥° شمالا . ومن بعض المدن الموجودة في هذا الحزام ـ لاجوس ـ دار السلام ـ ممباسا ـ كولومبو ـ سنغافورة ـ جاكرتا . ويوضح الشكل رقم (١٨) رسماً بيانياً لمناخ مدينة ممباسا ـ كينيا .

هنالك تغير طفيف في فصول السنة ، ويتمثل في الاختلاف في كمية الأمطار وحدوث عواصف الرياح والعواصف الكهربائية (الناتجة من البرق) .

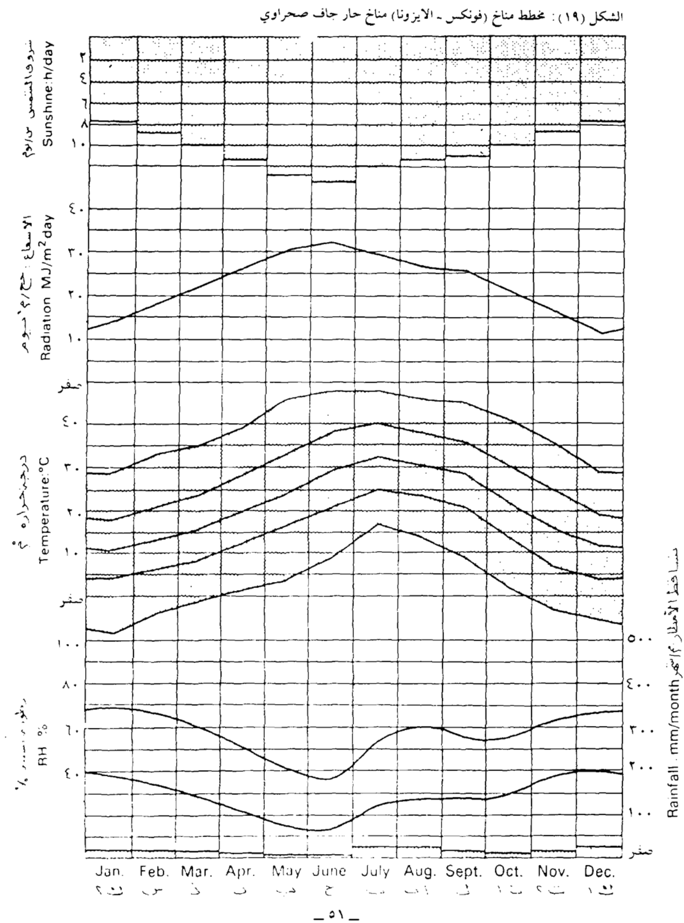
وتصل درجة الحرارة الجافة (DBT) في الظلال حدَّها الأعلى في أثناء النهار وتتراوح بين ٢٧°م ـ ٣٢°م ، ولكنها في بعض الأحيان تتجاوز الحد الأقصى . وأما في الليل فان معدل الحدّ الأدنى لها يتراوح ما بين ٢١ م ـ ٢٧ م . وتكون حدود درجات الحرارة اليومية والفصلية متقاربة جداً .

والرطوبة النسبية (RH) دائماً عالية ، إذ تبلغ حوالي ٧٥٪ معظم

الشكل (١٨): منحنى مناخ (مومباسا ـ كينيا) مناخ دافئ رطب



الشكل (١٩) : مخطط مناخ (فونكس ـ الايزونا) مناخ حار جاف صحراوي



الأحيان ولكنها تتراوح ما بين ٥٥٪ ـ ١٠٠٪ ويكون ضغط البخار ثابتاً في حدود ٢٥٠٠ ـ ٣٠٠٠ نيوتن /م٢.

وتساقُط الأمطار عالٍ على مدار العام، ولكنه يكون كثيفاً في عدة أشهر متتابعة. وتتراوح كمية الأمطار السنوية ما بين ٢٠٠٠ ـ ٥٠٠٠ مم وقد تزيد على ٥٠٠ مم في شهر واحد، الشهر الأكثر مطراً. وفي بعض العواصف الماطرة فان معدل تساقط الأمطار قد يزيد على ١٠٠ مم / الساعة لمدة قصيرة.

ويكون الجو في الغالب غائماً، على مدار السنة كلها. وتزيد نسبة تلبد السماء بالغيوم على ٦٠٪ ـ ٩٠٪. ويمكن أن تصل الاستضاءة في السماء الى ٧٠٠٠ كانديلا / م٢، ويمكن أن تزيد عندما تكون السماء مغطاة بطبقة رقيقة من الغيوم أو عندما تضيء الشمس الغيوم البيضاء (الكنهورية) من غير أن تظهر. وفي حالة تلبد السماء بالغيوم فان كمية الاستنارة تصل الى حوالي ٨٥٠ كانديلا / م٢ أو أقل.

ينعكس جزء من أشعة الشمس على الغيوم الكثيفة أو على ذرات البخار الكثيفة المنتشرة في الجو، وذلك فان الأشعة تصل الى الأرض متشتتة ولكنها قوية ويمكن أن تسبب انبهاراً مؤلماً. ويمنع البخار والغيوم الأشعة التي تنعكس على الأرض والبحر من الصعود إلى السماء الملبدة لذا فان الحرارة تتراكم وتزداد.

وتكون سرعة الرياح في العادة قليلة، والأوقاف الهادئة تكون دورية، ولكن الرياح القوية يمكن أن تحدث مع زوابع الأمطار. وقد سجلت سرعة مقدارها ٣٠م/ ثانية في هبوب بعض العواصف. ويكون هبوب الرياح عادة في جهة أو جهتين.

وتنبت الأشجار والنباتات بسرعة، وذلك نتيجة للأمطار المتعاقبة ودرجات الحرارة العالية ومن الصعب التحكم بها. تكون التربة الحمراء أو البنية، قصيرة الانبات بشكل عام، ولا سيما النباتات التي تتغذى بالمواد العضوية أو الأملاح المعدنية حيث تذوب وتغسل بعيداً من مياه الأمطار.

ومنسوب المياه الجوفية في العادة مرتفع والأرض تحتوي على مستويات ماء تحت السطح ـ مياه جوفية .

**الميّزات الخاصّة** : تؤدي الرطوبة العالية الى تكاثر الفطر والطحالب وزيادة الصدأ والعفن . وتتآكل مواد البناء العضوية بسرعة . ويكثر في هذه المناطق البعوض والحشرات والعواصف الرعدية يصاحبها في العادة برق .

١,٣ ـاخ الـدفء طب للجزر

إنّ الجـزر الواقعة ضمن منطقة خط الاستواء وضمن الحزام الواقع تحت تأثير الرياح التجارية ينتمي الى المناخ الدافىء الرطب نفسه . ومن الأمثلة على هذه الجـزر، جزر البحـر الكاريبي والفلبين ومجموعة الجزر الواقعة في المحيط الهادىء .

أما التغييرات الفصلية فمعدومة .

درجة الحرارة الجافة (DBT) : يصل معدل درجة الحرارة العظمى في الظل الى ٢٩°م ـ ٣٢°م نهاراً ، ونادراً ما تتجاوز حرارة الجلد البشري . ويصل معدل درجة الحرارة الدنيا الى ١٨°م ليلا ، وعادة تتراوح بين ١٨° ـ ٢٤° . ونادراً ما يزيد التغير اليومي في درجة الحرارة عن ٨°م ، والفرق في درجات الحرارة السنوية بحدود ١٤°م .

**الرطوبة النسبية** (RH) : تتراوح الرطوبة النسبية ما بين ٥٥٪ ـ ١٠٠٪ وضغط البخار ما بين ١٧٥٠ ـ ٢٥٠٠ نيوتن / م٢ .

وتساقط الأمطار عالٍ يتراوح ما بين ١٢٥٠ ـ ١٨٠٠ مم سنوياً وحوالي ٢٠٠ ـ ٢٥٠ مم في أكثر شهر ماطر . ويمكن أن يتساقط ٢٥٠ مم في عاصفة واحدة في ساعة واحدة . أما الزذاذ فانه يتجه أفقياً تقريباً ناحية الشواطيء في نفس اتجاه الرياح . وتكون حالة السماء اما صافية أو مليئة بغيوم بيضاء متقطعة ذات اضاءة عالية ، الا في أوقات العواصف حيث تُظْلِمُ السماء وتكفهر . وتكون السماء زرقاء ضعيفة الاستنارة حوالي ١٧٠٠ ـ ٢٥٠٠ كانديلا/ م٢ .

أما أشعة الشمس فتكون قوية ، وغالباً ما تكون مباشرة ، ويصاحبها قليل من الأشعة المنتشرة عندما تكون السماء صافية ولكنها تختلف باختلاف كميات السحب .

**الرياح** : الرياح السائدة هي الرياح التجارية التي تهب بسرعة منتظمة تتراوح ما بين ٦ ـ ٧ م/ث، وتساعد في تخفيف الحرارة والرطوبة. والرياح ذات السرعات الشديدة تحدث من الاعاصير (انظر فيما بعد) وتكون النباتات أقل ريعاناً وخضرة منها في المناطق الحارة الرطبة. وتختلف باختلاف كميات الأمطار الساقطة. والتربة عادة ما تكون جافة. ومنسوب المياه الجوفية عميق نسبياً.

**أما السمات المميزة** : فهي الأعاصير الحلزونية، والأعاصير ذات الرياح التي تصل سرعتها الى ٤٥ ـ ٧٠م/ث والتي تسبب مطراً موسمياً. وترفع نسبة الأملاح في الجو، مما يساعد على التآكل في المناطق الساحلية.

**١,٣,٥ المناخ الحار الجاف الصحراوي**

ويلاحظ هذا المناخ في شلايطين جغرافيين يمتدان ما بين خطي عرض ١٥ ـ ٣٠° شمالاً وجنوباً بالنسبة لخط الاستواء.

ومن أمثلة المستوطنات البشرية في هذا المناخ، أسوان وبغداد وفونكس (الأريزونا). ويوضّح الشكل (١٩) التمثيل البياني لهذا المناخ لمدينة فونكس (الأريزونا).

ثمّة فصلان يتعاقبان في هذا المناطق : حار وبارد نسبياً.

وترتفع درجة الحرارة الجافة (DBT) في الظلال سريعاً عقب بزوغ الشمس حتى تصل الى أقصى معدل في اليوم ٤٣ ـ ٤٩°م. ودرجة الحرارة القصوى التي سجلت حتى الآن كانت ٥٨°م في ليبيا عام ١٩٢٢. وفي الفصل البارد فان معدل درجة الحرارة القصوى يتراوح ما بين ٢٧ ـ ٣٢°م. ومعدل درجة الحرارة الدنيا يتراوح ما بين ٢٤ ـ ٣٠° ليلاً في الفصل الحار وما بين ١٠ ـ ١٨°م في الفصل البارد. وتكون فروق درجات الحرارة اليومية عالية حيث تتراوح ما بين ١٧ ـ ٢٢°م.

**الرطوبة** (RH) : تتراوح ما بين ١٠ ـ ٥٥٪ وذلك لأن مقدار هبوط الميزان الحراري ذي البصيلة الرطبة يكون عالياً (نتيجة لسرعة التبخير). ويتراوح ضغط البخار عادة ما بين ٧٥٠ ـ ١٥٠٠ نيوتن / م$^{2}$.

ويكون تساقط الأمطار قليلاً ومتغيراً في أثناء السنة، ويتراوح ما بين ٥٠ ـ ١٥٥ مم / سنة.

وقد تحدث العواصف المبرقة فوق مناطق محددة، وتمطر حوالي ٥٠ مم في بضع ساعات، ولكن بعض المناطق قد لا تسقط فيها أمطار سنوات عديدة.

والسماء عادة صافية، وكمية الغيوم قليلة نظراً لقلّة كمية الرطوبة في الهواء. والسماء تكون زرقاء داكنة، باستنارة تتراوح ما بين ١٧٠٠ ـ ٢٥٠٠ كانديلا / م٢، وتزداد دكنة في العواصف الرملية فتصل الى ٨٥٠ كانديلا / م٢ أو أقل. وفي نهاية الفصل الجاف، ربما يتعلق الغبار بالهواء (يصبح الهواء مغبراً) ويحدث ضباباً رملياً أبيض (طوز) ذا استنارة تتراوح ما بين ٣٥٠٠ ـ ١٠٠٠٠ كانديلا / م٢ مما ينتج عنها تشتيت للضوء وانبهار مؤلم.

أما أشعة الشمس فتكون مباشرة وقوية في أثناء النهار، ولكن نظراً لعدم وجود غيوم فان الحرارة المخزونة (في النهار) تنتشر على شكل موجات ذات أطوال كبيرة باتجاه السماء الباردة ليلا. وتشتت الأشعة يحدث فقط في فترات الضباب الرملي.

وعادة تكون الرياح محلية، ونتيجة لتسخين الرياح عند ملامستها للأرض تنقلب درجة الحرارة. وعندما تصطدم كتلة الهواء الساخن بالهواء العلوي البارد تحدث عادة زوبعة هوائية من رياح ساخنة تحمل الغبار والرمال وغالباً ما تتطور الى عواصف رملية.

أما النباتات فهي متفرقة، والمحافظة عليها صعبة؛ نتيجة للنقص في الأمطار وقلة الرطوبة في الهواء. والتربة عادة ما تكون مغبرة وجافة جداً. واضاءة الشمس قوية وتضيء الألوان الفاتحة العاكسة، والأرض يمكن أن تسبب استنارة تتراوح ما بين ٢٠٠٠٠ ـ ٢٥٠٠٠ كانديلا / م٢. وتجف التربة بسرعة بعد هطول الأمطار، ويمكن أن تكون بشكل عام خصبة اذا رويت. ومنسوب المياه الجوفية منخفض جداً.

**السّمات الخاصّة**: تكون العواصف الرملية والمغبّرة متعاقبة في بعض الأشهر ودرجة الحرارة العالية في النهار، وسرعة البرودة في الليل، ربما يسببان تشققات وانكساراً في مواد البناء.

١،٣،٦ المنـاخ الحـار الجـاف الصحراوي الساحلي

ويلاحظ هذا المنـاخ في الشـريط السـابق نفسـه، الحـار الجـاف الصحراوي حيث تتقابل الصحراء مع البحر. وتعدّ هذه المناطق في أكثر المناطق التي لا يرغب في مناخها على الأرض. ومن الأمثلة الجغرافية على هذا المناخ، الكويت والمناطق الساحلية من باكستان (كراتشي).

وهناك فصلان متعاقبان: فصل حارّ وفصل بارد نسبياً.

**درجـة الحـرارة الجـافـة** (DBT): في الـظلال يصل معدل درجة الحرارة القصوى الى ٣٨° نهاراً، وفي الفصل البارد، تبقى في حدود ٢١° ـ ٢٦°م. ومعدل درجة الحرارة الدنيا في الفصل الحار تتراوح ما بين ٢٤ ـ ٣٠°م وفي الفصل البارد ما بين ١٠ ـ ١٨°م. ويبلغ متوسط التغيّر في درجات الحرارة اليومي ما بين ٩ ـ ١٢°م، ويبلغ هذا التغيّر أقصى حد له في الفصل البارد.

**أما الرطوبة** (RH): فتبقى ثابتة وعالية، ما بين ٥٠٪ ـ ١٠٠٪. وضغط البخار ما بين ١٥٠٠ ـ ٢٥٠٠ نيوتن / م². وذلك لأن أشعة الشمس القوية تسبب تبخراً عالياً من البحر. والرطوبة عادة ما تبقى في الهواء دون تساقط (على شكل أمطار أو خلافها) مسببة ظروفاً غير مريحة طوال الوقت.

وتسـاقط الأمطار، كما في المناطق الصحراوية، قليل جداً. وحالة السماء كما في المناخ الصحراوي الحار الجاف، ولكن الغيوم تكون أكثر قليلاء منها في المنـاخ السابق، عادة ما تكون على شكل ضباب خفيف شفاف، مما يسبب انبهاراً في الغالب.

وأما أشعة الشمس فتكون قوية، مع مركبات أخرى ناتجة عن انتشار الأشعة بشكل عالٍ، أعلى منها في المناخ الصحراوي نتيجة لطبقة الغيوم الخفيفة وزيادة نسبة الرطوبة.

أمـا الـرياح، فغـالبـاً ما تكون محلية، نتيجة لعدم تساوي الحرارة والبرودة على البحر واليابسة. وينتج عن ذلك هبوب الرياح باتجاه اليابسة نهاراً وباتجاه البحر ليلاً.

أما النباتات والأشجار فتكون متفرقة، وأكثرها أعشاب جافة. وتكون

الأرض والصخور ذات لون بني أو أحمر، كما تكون جافة مغبرة في أثناء السنة. ويمكن للأرض أن تسبب إبهاراً مكثفاً.

**الميّزات الخاصّة**: يمكن لعواصف الغبار والرمل ان تحدث ويمكن للأملاح المحمولة جواً ان تزيد من تآكل وصدأ مواد البناء.

١.٣.٧ المناخ المركب أوا لموسمي

تحدث هذه المناخات في مناطق واسعة كتلية بالقرب من المدارين، السرطان والجدي، وتعدُّ بعيدة بعداً كافياً عن خط الاستواء؛ إذ تتعرض لتغيرات مشهودة فصلية في أشعة الشمس واتجاه الرياح. ومن أمثلة المدن التي تتعرض لهذا المناخ المتقلب، لاهور (باكستان)، مندلي (العراق)، خانو ونيودلهي. ومناخ الأخيرة ممثل في الشكل رقم (٢٠). وعادة يلاحظ فصلان في هذه المناطق، حوالي ثلثي السنة مناخ حار جاف، والثلث الثالث دافيء رطب. وفي شمال وجنوب هذه المناطق يلاحظ فصل ثالث بارد وجاف وتكون الرطوبة (RH) قليلة في الفترة الجامعة بحدود ٢٠ ـ ٥٥٪ وضغط البخار ١٣٠٠/ ـ ١٦٠٠ نيوتن / م٢. وفي الفترة الرطبة تصل حتى ٥٥ ـ ٩٩٪ وضغط البخار حوالي ٢٠٠٠ ـ ٢٥٠٠ نيوتن / م٢.

درجات الحرار (DBT) في الظلال كما هو في الجدول

| الفصل | حارف جاف | دافىء رطب | بارد جاف |
|---|---|---|---|
| معدل درجة الحرارة القصوى نهاراً | ٣٢ ـ ٤٣° | ٣٧ ـ ٣٢°م | حتى ٢٧°م |
| معدل درجة الحرارة القصوى ليلاً | ٢١ ـ ٢٧° | ٢٤ ـ ٢٧°م | ٤ ـ ١٠°م |
| التغير اليومي في درجات الحرارة | ١١ ـ ٢٢° | ٣ ـ ٦°م | ١١ ـ ٢٢°م |

**الأمطار**: الأمطار الموسمية كثيفة وتستمر لفترة، وفي بعض الأوقات قد تتساقط الأمطار بمعدل ٢٥ ـ ٣٨ مم في الساعة. وتتراوح معدلات سقوط الأمطار السنوية ما بين ٥٠٠ ـ ١٣٠٠ مم، مع حوالي ٢٠٠ ـ ٢٥٠ مم في أكثر أشهر السنلله رطوبة، كما أنه لا يوجد تقريباً أي تساقط للأمطار في الفصول الجافة.

وحالة السماء يمكن أن توصف بأنها متغيرة تبعاً للفصول، وتكون السماء ملبدة بالغيوم الكثيفة، ومغبرة في فترة الأمطار الموسمية، وصافية، والسماء زرقاء قانية في الفصول الجافة. وفي نهاية الفصول الحارة الجافة تميل السماء الى أن تكون صافية مضيئة باستثناء بعض الفترات ذات الضباب الخفيف. وتبعاً لذلك فان كثافة انبهار السماء تكون متغيرة.

أما كمية الأشعة الشمسية فانها تشبه مثيلتها في المناخ الدافي الرطب أحياناً، والمناخ الحار الجاف الصحراوي أحياناً أخرى.

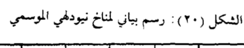
وتكون الرياح حارة مغبرة في الفترة الجافة، ومتغيرة الاتجاه، بالنسبة للرياح السائدة، في بداية الفترة الدافئة الرطبة، وتجلب الأمطار والغيوم. والرياح الرطبة من البحر. وتكون الرياح الموسمية قوية نوعاً ما وثابتة الاتجاه.

أما النباتات والأشجار فمتفرقة، ولها خواص مثيلاتها في المناطق ذات المناخ الحار الجاف، والتربة بنية وحمراء جافة، تتغير بسرعة وبشكل درامي مع نزول المطر، تصبح الأرض خضراء وزراعية في بضعة أيام، وتنمو النباتات بسرعة. وفي الفترة الباردة تتغطى الأرض بالنباتات، ولكنها تتناقص بارتفاع درجات الحرارة. تصبح التربة رطبة في فترة الأمطار، ولكنها ما تلبث أن تجف بسرعة. وهنالك خطورة من تعرية التربة في فترة الأمطار الموسمية. أما في الفصل الجاف فيمكن أن تسبب الأرض إبهاراً شديداً.

**المميّزات الخاصّة**: تتمثل في تغير كبير في الرطوبة النسبية، يُسبّب ضعفاً مستمراً في مواد البناء. وفي العواصف الرملية التي قد تحدث (التي تقرض الأخشاب). وهنالك بعض مشكلات التكثيف (تكثيف بخار الماء داخل المبنى).

**١.٣.٨ المناخ المداري للمناطق المرتفعة**

تتعرض الجبال العالية والهضاب التي يزيد ارتفاعها عن ٩٠٠ - ١٢٠٠م عن سطح البحر، لمثل هذا المناخ، وذلك ما بين خطين تتساوى فيهما درجة الحرارة الأرضية على ٢٠°م. ومن أمثلة المدن التي تتعرض لمثل هذا المناخ أديس أبابا، وبوغوتا، ومدينة المكسيك، ونيروبي. يبين الرسم البياني رقم (١٥) مناخ مدينة نيروبي.


الشكل (٢٠) : رسم بياني لمناخ نيودلهي الموسمي

Sunshine: h/day

Radiation: MJ/m²day

Temperature: °C

RH: %

Rainfall: mm/month

Jan. Feb. Mar. Apr. May. June July Aug. Sept. Oct. Nov. Dec.

ويكون التغير المناخي في المناطق المرتفعة الغربية من خط الاستواء طفيفاً، ولكن مع الابتعاد عن خط الاستواء، فان المناخ يتبع مناخ المناطق المنخفضة. وتقل درجة الحرارة (DBT) في الظل كلما اقتربنا من خط الاستواء. وعلى ارتفاع ١٨٠٠م فان متوسط درجة الحرارة القصوى تتراوح ما بين ٢٤ ـ ٣٠°م نهاراً، ومتوسط درجة الحرارة الدنيا ما بين ١٠ ـ ١٢°م ليلاً. وفي بعض الأماكن تنزل الى ٤°م حيث يتكون الصقيع، والتغير اليومي في درجات الحرارة كبير جداً. وحدود درجات الحرارة السنوية تعتمد على خط العرض. فعند خط الاستواء يكون التغير قليلاً، ولكنه يتراوح ما بين ١١ ـ ٢٠°م عند مداري السرطان والجدي.

أما الرطوبة (RH)، فانها تتراوح ما بين ٤٥ ـ ٩٩٪ وضغط البخار ما بين ٨٠ ـ ١٦٠٠/م٢ وتساقط الأمطار متراوح، ولكنه نادراً ما يقل عن ١٠٠٠ مم. ويتساقط المطر عادة كثيفاً بزخات مركزة تصل الى كثافة مقدارها ٨٠مم/ ساعة.

الحالة العادية للسماء صافية أو غائمة جزئياً، الى حدود مقدارها ٤٠٪ (غائمة) وفي فترات الرياح الموسمية، فان السماء تكون غائمة، والغيوم كثيفة ومنخفضة.

وتكون أشعة الشمس مباشرة وقوية في الفترات الصباحية. وأقوى من مثيلتها على المناطق الواقعة على الخط نفسه ولكن في منسوب سطح البحر. ونخص بذلك الأشعة فوق البنفسجية، فهي اشد قوة من مثيلتها في المناطق المتخفضة. وتصبح أشعة الشمس منتشرة كلما ازدادت الغيوم، والرياح في هذه المناطق متغيرة تسودها الرياح الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية، ولكنها قد تتحرك بعنف نتيجة للتضاريس الأرضية المحلية. أما سرعة الرياح فنادراً ما تزيد على ١٥م/ث.

وتكون النباتات والأشجار خضراء، وتنبت عشوائياً في أثناء هطول الأمطار وتجف في فصل الجفاف عندما تتحول التربة الى اللون البني أو الأحمر. أما التربة فانها تبتل في أثناء المطر وما تلبث أن تجف بعد توقف الأمطار.

المميّزات الخـاصّة: تتصف الليالي بكثرة الندى وفقدان شديد في أثناء الليل للأشعة في الفصل الجاف، ربما يتسبب عنه تكوّن الضباب. مع وجود العواصف الرعدية وحدوث الصواعق في بعض الأحيان. ويسقط البرد أحياناً أخرى.

## ١,٤ المناخ المحلي:

١,٤,١ الانحراف ضمن المنطقة
١,٤,٢ المناخ المحلي
١,٤,٣ مهمة المصمم
١,٤,٤ العوامل المحلية
١,٤,٥ درجة حرارة الهواء
١,٤,٦ انقلاب درجة الحرارة
١,٤,٧ الرطـــوبة
١,٤,٨ التساقط
١,٤,٩ حالة السماء
١,٤,١٠ الاشعار الشمسي
١,٤,١١ حركة الرياح
١,٤,١٢ الميزات الخاصة
١,٤,١٣ النباتات
١,٤,١٤ المناخ الحضري
١,٤,١٥ معطيات المناخ

١,٤,١ الانحـرافـات ضمن الموقع

إنّ المعـرفـة بمنـاخ المنـطقة التي تقع ضمنها البلدة او المستوطنة البشرية، التي تستمد من المعطيات المنشورة عن مناخ الاقليم، لا تُغني عن الحاجة للمعرفة الدقيقة بحالة المناخ المحلي، للبلدة أو المستوطنة. ومن الممكن ان هذه المعرفة تعطي المصمم المعلومات الكافية عن التقديرات الأولية للحكم على المناخ، وقد تكون كافية لتكون الأساس في التصميم الأولي.

فكل مدينة، وبلدة وقرية أو حتى الحي من المدينة، قد يكون لها منـاخها الخاص، يختلف قليلاً عن مناخ المنطقة التي تقع فيها ـ المناخ الـدقيق. فالمعلومات المنشورة لأقرب محطة أرصاد جوية، تصف المناخ الدقيق (microclimate) للمدينة وقد تكون هذه المعلومات أقرب الى المناخ المحلي، ولكنه نادراً ما يكون دقيقاً بشكل كافٍ. ذلك لأن الظروف الجوية قد تختلف كثيراً ضمن مسافة قصيرة، من وجهة نظر الأرصاد الجوية.

١,٤,٢ المناخ المحلي

اختير اسم المناخ المحلي (Site Climate) خصيصاً، ليصف المناخ في نقـطة معينة، بدلاً من اختيار المناخ الدقيق (Microclimate) المرادف المستخـدم. فقـد يحتـوي الأخير بعض الانحـرافـات المحلية للمنـاخ الموصوف لمنطقة واسعة مهما كان المقياس فقد يعتبر عالم النبات المناخ الـدقيق لورقـة نبـات، درجـة حرارتهـا ورطوبتها، وسكانها من الحشرات وتنـظيمهـا الـدقيق، بمقياس في حدود بضعـة سنتمترات. اما للجغرافي والخطط الحضري فان كلمة المناخ الدقيق قد يعني مناخ المدينة بكاملها.

إنّ استخـدام المنـاخ المحلي أو المـوقعي (Site Climate) يصف المقياس: مهمـا كان حجم المشـروع، فانـه يحـدد منـاخ المسـاحـة المستخدمة، ولاستخدامه في هدفه المحدد، أفقياً وعمودياً.

١,٤,٣ مهمة المصمم

اذا كان المكـان المعـدّ للإسكـان واسعـاً، فان الهدف الأول أمام المصمم هو تعيين المنطقة الأكثر مناسبة لذلك. وفي جميع الأحوال فان عليه تصميم المبنى أو المبـاني بطريقـة تمكنـه من الاستفـادة من جميع الايجابيات والتغلب على جميع سلبيات الموقع والمناخ.

إنّ الفـرصـة نادراً ما تكـون متـاحة لتحريات الموقع لأي فترة زمنية مطلوبة، لكن الطريقة المثلى أن نبدأ من معطيات الاقليم أو المنطقة ثم تقـدير أية انحرافات ممكنة. وقد يمكن الحصول على معلومات قيمة من خبير، له تجربة وملاحظة عن الموقع، فهو يستطيع أن يتنبأ عن انحرافات المنـاخ معتمـداً على تحـرّيات بصـرية في المـوقع، وبالتأكيد فانه لا بد للمشاريع الكبيرة من الاستعانة بنصح خبير وذلك لأن عدداً كبيراً من الناس الذين يستخدمون هذه المباني سوف يتأثرون بقرار المصمم عن المناخ لفترة طويلة.

إن طبيعـة وامتـداد انحـراف المناخ (عن المناخ الاقليمي) وكذلك التأثيرات المحتملة للمبنى المزمع انشاؤه، يجب ان تقرر مبكراً في المراحل الأولى للتصميم قبـل أن توضع بعض الحلول، التي يصعب تعديلها في مراحل متأخرة.

وسيكون هدف هذا الفصل الحالي التعريف بالعوامل المحلية، التي تمكن القارىء من أن يستخدم تقديره الخاص بشأن منطقة معينة بدقة مقبولة.

١,٤,٤ العوامل المحلية

لقد تمّ استعراض العوامل المحلية التي تتحكم في منطقة معينة في فصول سابقة، وأما العوامل التي تؤثر على انحراف ما عن العوامل المحلية فهي:

* التضاريس الطبيعية؛ الميول والتوجيه والتعرّض والواجهات والجبال والوديان في الموقع أو القريبة منه.
* سطح التربة: فيما اذا كانت طبيعية أم من عمل الانسان ومعرفة معامل انعكاسها ودرجة حرارة التربة ونفاذيتها تؤثر هذه العوامل على عملية الانبات، التي تؤثر بدورها في المناخ (الغابات والأشجار الصغيرة والاعشاب والمياه... الخ).
* الأجسام ذات الأبعاد الثلاثة: مثل الأشجار وأحزمة الأشجار والأسوار والمباني، إذ تؤثر على حركة الرياح، وربما تسبب ظلالاً أو ربما تقّسم المساحة الى مساحات صغيرة لكل منها مظاهرها المناخية المميزة.

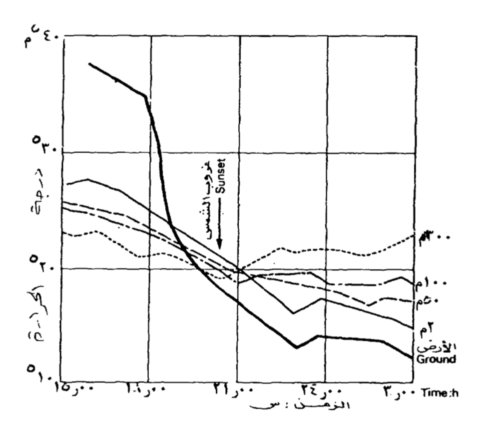
وتكون الطريقة المنطقية بتتبع العناصر المناخية التي اختيرت في الفصول السابقة ورؤية كيف يؤثر كل عنصر في العوامل المذكورة أعلاه.

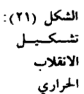
١,٤,٥ درجة حرارة الهواء

تعتمد درجة حرارة الهواء في أية نقطة بالقرب من سطح الأرض على كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة على سطح الأرض وأية أسطح أخرى كان الهواء قد مر عليها.

ويختلف التبادل الحراري على الأسطح ما بين الليل والنهار، وتختلف باختلاف الفصول، وخط العرض، والوقت من السنة، ويتأثر بكمية الغيوم.

* في النهار: بما أن الأسطح تسخن بفعل أشعة الشمس، فان الهواء الملامس للأرض يكتسب أعلى درجة حرارة. وفي الظروف الهادئة، فان الهواء وعلى ارتفاع مترين من سطح الأرض يبقى على شكل طبقات بدرجات حرارة مختلفة. ويتم التمازج بين البارد والحار عندما يشكل





الشكل (٢١): تشكيل الانقلاب الحراري

الهواء السفلي بفعل الحرارة طبقة تكون كافية لتشكل دوامة صاعدة من هواء ساخن وخفيف [١٦].

* وفي الليل: وخصوصاً في الليالي الصافية فان سطح الأرض يفقد حرارة كثيرة بفعل الإشعاع، وبعد غروب الشمس بقليل فان درجة حرارة السطح تقل عن مثيلتها في الهواء، عندئذ فان اتجاه انتقال الحرارة ينعكس من الهواء الى الأرض. الطبقة السفلى من الهواء تصبح أشد برودة. ويوضح الشكل (٢١) التغيّرات اليومية (في درجات حرارة الهواء) على طبقات مختلفة.

**١،٤،٦ الانقلاب الحراري**

تسمى الظاهرة السابقة بالانقلاب الحراري؛ إذ يُعَدُّ موقع النهار من تقليل درجة الحرارة بازدياد الارتفاع عادياً. ويعدُّ هذا الموقع أكثر استقراراً في درجة الحرارة اليومية «العادية» وليس ثمّة قوىً حراريةً يمكن أن تسبب اضطرابات جوية أو دوامات.

ويميل الهـواء البـارد الى الاستقرار في المنخفضات الأكثر برودة، ويتصـرف مثل السائل، ولكنه لا يتدفق تماماً مثل الماء، ولكنه قريب من سائـل شـديد اللزوجـة. فإذا تدفق أسفل التلال وباتجاه مجرى واد طويل منحدر فانه يمكن ان ينتهي الى شكل من أشكال الرياح الهابطة (Katabatic wind) : مشكـلا جبهـة هوائية باردة مركـزة ومتسـارعـة [١٧] وهكـذا فان لتضـاريس الـطبيعية تأثير كبير في درجـة الحرارة [١٨]، وان اختلافاً في الارتفاع ما بين ٧ ـ ٨م يمكن أن يؤدي الى اختلاف في درجات حرارة الهواء ما بين ٥ ـ ٦°م في ظروف هوائية ثابتة.

١،٤،٧ الرطوبة

تعتمـد الـرطـوبة النسبية على درجة حرارة الهواء وعلى كمية المياه الحقيقية المتبخرة والموجودة في الهواء.

* في النهـار: إذ إنّ طبقـة الهواء السفلى تكون قد سخنت بفعل سطح الأرض، فان الرطوبة النسبية تقل بشكل سريع. وعندما تكون الرطوبة النسبية قليلة فان معدل التبخر يزداد اذا كان هناك ماء قابل للتبخر. فوجود سطح مياه مفتـوح أو كميات من النبـاتـات الغنية تكـون مصدراً غزيراً للمياه، ففي هذه الحالة، فان تبخراً كبيراً سوف يزيد من الرطوبة النسبية في الطبقات السفلى من الهواء. الواقع التالي عادة يحدث اذا ثبتت حالة الهواء.

| | على سطح الأرض | على ارتفاع ٢م |
|---|---|---|
| الحرارة | عالية | أقل انخفاضاً |
| الرطوبة النسبية | منخفضة | أعلـــى |
| الرطوبة المطلقة | عالية | أقل انخفاضاً |

اما مع حركة الهواء، فان كمية التبخر تزداد، ولكن باختلاط الهواء يميل الاختلاف في الرطوبة والحرارة الى التساوي.

* وفي الليل: فان الوضع ينعكس، وخصوصاً في الليالي الصافية اذا كان الهواء ساكناً حيث تبرد الطبقات السفلى (من الرطوبة المطلقة العالية) وتزداد الرطوبة النسبية وبعد مدة وجيزة تصل الى نقطة الاشباع، وبازدياد

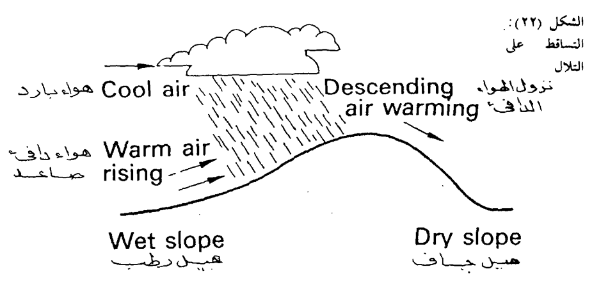
التبـريد فان الـرطـوبـة الـزائدة تتكثف على شكل ندى (ومن هنا جاء اصطلاح نقطة الندى او نقطة التكثيف (Dewpoint) .

وعنـدمـا تصـل درجـة حرارة الكثيف هذه الـدرجـة فانه يبدأ تكوّن الضباب، واذا لم يستمر التبريد وكان الهواء ساكناً. فان طبقة من الضباب تتكون (بارتفاع ـ ٤٠ ـ ٥٠م) قريباً من سطح الأرض.

١،٤،٨ التساقط

عندما تهب الرياح المحملة بالرطوبة بصفة دورية من الاتجاه نفسه، فان تأثير التلال على نمط سقوط الأمطار يكون واضحاً. عندما يتغير مستوى سطح الأرض بأكثر من ٣٠٠م فان الأسطح المائلة باتجاه الرياح يمكنها أن تتـوقـع سقوطاً للأمطار أكبر من معدله في المنطقة والأسطح المائلة تجاه

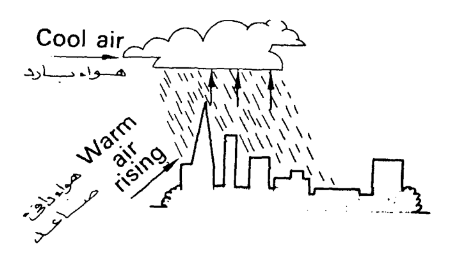
الشكل (٢٢): التساقط على التلال




الرياح؛ إذ يسقط عليها المطر بمعدل أقل. انظر الشكل (٢٢). وبازدياد ارتفاع التلال أو انحدارها فان تأثير ذلك على سقوط الأمطار يكون واضحاً بصـورة أكبـر. وفي حالـة الارتفـاعات الشاهقة والانحدار السحيق، وفي المـواقع المتسعة فان الأجزاء المعاكسة لاتجاه الرياح لا تستقبل أكثر من ٢٥٪ من كمية الأمطار التي تتساقط على السفوح التي تواجه الرياح.

والسبب في الـظاهـرة السابقة أن التلال تجبر كتلة الرياح بالارتفاع وعندما ترتفع فإنها تبرد ولا تستطيع أن تحفظ الرطوبة التى تحملها. وعلى

عكس ذلك فان كتلة الرياح النازلة تزداد درجة حرارتها، وباستطاعتها أن تحتفظ بكمية إضافية من الرطوبة بدلاً من أن تتساقط الأمطار منها. والظاهرة نفسها يمكن أن تتطور فوق المدن حيث الأسطح الماصّة تصل الى درجة حرارة عالية يمكن أن تؤدي الى حركة رياح الى الأعلى وربما يؤدي هذا التيار العلوي الى تيار أفقي صاعد وبتأثير الى ما يحدث في انحدار التلال.



الشكل (٢٣)
تساقط الأمطار فوق المدن

وقد لاحظ عدد من العمال كميات متعاقبة من الأمطار الكثيفة فوق مراكز المدن الشكل (٢٣). (وهنالك عامل يساعد على ذلك، وربما كان وجود أجسام صلبة في الجو الخارجي للمدينة). واذا كان سقوط المياه عادة يحدث مصاحباً رياحاً ذات سرعة كبيرة، يؤدي الى الأمطار المساقة (Driving Rain) فان الظاهرة السابقة تظهر بوضوح أكبر في السفوح المواجهة لهبوب الرياح منها في السفوح المعاكسة لهبوبها كما هو موضح بالشكل رقم (٢٤).

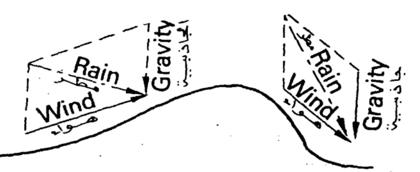
١،٤،٩ أحوال السماء

إن حالة السماء في العادة لا تختلف من حيث تساقط الأمطار في مسافة قصيرة ما لم يكن هنالك انحدار مفاجيء في مستويات الأرض، التي ربما تؤدي الى تشكيل دائم للسحب تقريباً. وما الضباب الذي يغطي مضيق جبل طارق بشكل دائم إلّا مثال جيد على هذه الظاهرة ولكنها تعتبر نادرة.

**١،٤،١٠ الإشعاع الشّمسيّ**

يمكن أن تؤثر كمية الإشعار الشّمسيّ على العوامل المحلية بثلاث طرق:

**الشكل (٢٤): متوازي أضلاع دورة المطر**




١ . شدة الاشعار على مستوى أفقي نظري فوق سطح الأرض يتأثر بالتغير في شفافية الجو. فيمكن لتلوث الجو والدخان والضباب الداخلي أو الغبار والضباب المحلّي ـ أن تقلل من شدة الاشعاع بشكل كبير.

٢ . شدة الاشعاع الشمسي على سطح الأرض الطبيعي يتأثر بميل وتوجيه الموقع ويمكن أن يهمل هذا التأثير حول خط الاستواء، ولكن أهميته تزداد باتجاه دوائر العرض العليا. وفي المنتصف (بين القطب وخط الاستواء) فان الموقع الذي يميل باتجاه القطب يستقبل اشعاعاً أقل بكثير مما لو كان يميل باتجاه الاستواء.

٣ . تتأثر الكمية النهائية للاشعاع في اليوم بالميل (شروق الشمس المتأخرة وغروبها المبكر موقع شمالي في نصف الكرة الشمالي) وكذلك بالتلال القريبة وحتى الأشجار والمباني القائمة، التي ربما تسبب ظلالاً في أوقات معينة من اليوم. ونلاحظ هذه الظاهرة بوضوح عندما تكون تلك الحواجز واقعة الى الشرق أو الغرب من الموقع. عندما تكون الشمس مائلة بزاوية صغيرة مما يسبب في ظلال طويلة.

والاشعـاع على أسطح المباني العمودية يتأثر بتوجيه الأسطح ولكن ليس بالميل أو توجيه الموقع والمؤثرات الواردة في البندين ١ و٣ لا تزال تعطي بعض المؤثرات.

أما مقدار تأثير حرارة هذه الأشعة الساقطة فانها بالطبع تعتمد على نوعية الأسطح المستقلة على الأرض أو الأجسام (انظر الفصل ٥ و٤ و١).

واذا كانت هذه الأسطح نباتات، فان جزءاً من الطاقة الشمسية يتحول الى طاقة كيماوية، وكذلك فان الحرارة تلطف بالتبخير ولكن أسطحاً مثل الحجارة والخرسانة والاسفلت يمكن أن تصل درجة حرارتها الى ٤٤° درجة مئوية فوق حرارة الهواء المحيط.

١,٤,١١ حركة الهواء

يمكن لسرعة الرياح أن تقلّ بعد المرور على حاجز أفقي طويل بمقدار ٥٠٪ على مسافة تساوي عشرة أمثال ارتفاع الحاجز وحوالي ٢٥٪ على مسافة رشرين ضعفاً من ارتفاع الحاجز إضافة الى ذلك فان هبوب الرياح على أي سطح معرض لتأثيرات الاحتكاك. إن نوعية سطح الأرض وغطاءها النباتي يؤثر على سرعة الرياح المائلة. ودائماً ما تكون سرعة الريح بالقرب من الأرض أقل منها في الطبقات الأعلى، ولكن في حالة الأرض غير المتساوية الغطاء، فان معدل السرعة بالنسبة للارتفاع يكون أكبر بكثير منها في الأسطح المستوية كالمياه الشلك (٢٥).

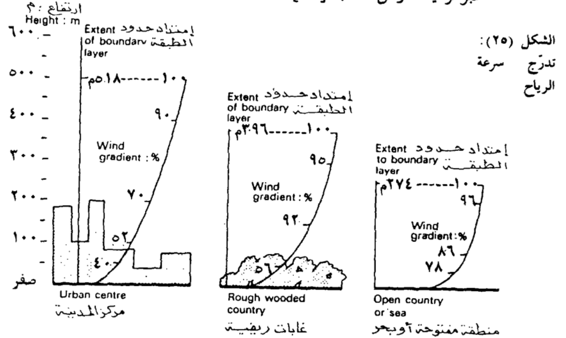
وفي الموقع الجبلي، تكون أكبر سرعة للرياح فوق قمم التلال. أما في الوديان الصغيرة والمنخفضات فعادة ما تتعرض لسرعات بطيئة، ما عدا بعض الحالات عندما يتوافق اتجاه الوادي مع اتجاه الرياح. وكلما كان الوادي مستقيماً كان تأثيره أكبر في كلا الحالتين: في الحماية في حالة الرياح العابرة بعكس اتجاه الوادي وفي زيادة سرعة الرياح باتجاه الوادي. ويكون تأثير متون الأرض أو الصفائح الطويلة أو صفوف المباني مشابها لهذه الحالة.

وفي المناطق التي تكون الرياح فيها عامل راحة وتخفيف من الحرارة الشديدة المصحوبة بالعرق، فان قمم التلال والسفوح المواجهة للريح تكون مواقع مفضلة للمباني عن تلك التي تكون في السفوح المعاكسة لاتجاه الرياح. إن ارتفاع درجة حرارة الهواء فوق الأرض الجرداء عادة يؤدي الى ارتفاع في حرارة الرياح المحلية، وخصوصاً في المناطق الحارة الجافة.

ويمكن أن تكون هذه الرياح على شكل زوابع أو دوامات هوئية أو نسيم وعادة يكون ساخناً ويحمل غباراً ناعماً. ويستطيع المراقبون أن يظهروا نمطاً من طبيعتها في بعض فصول السنة.

إن امتداد المساحات المغطاة بالمياه يمكن أن تعطي نشاطاً لنسيم البحر المحلي. نسيم البحر (من البحر الى اليابسة)، في النهار، يمكن أن يقلل من درجة الحرارة القصوى بحوالي ١٠° درجة مئوية، ولكنه يمكن أن يزيد الرطوبة. وعلى سواحل البحيرات فنادراً ما يكون تأثير هذا النسيم على أبعاد تزيد عن ٤٠٠م من شواطيء البحيرة، ولكن على سواحل البحار فيمكن أن يصل تأثير هذا النسيم الى أعمال أكبر، ولا سيما اذا كانت طبوغرافية الأرض مناسبة [١٩].

الشكل (٢٥): تدرّج سرعة الرياح




١,٤,١٢ المميزات الخاصة

تُعَدُّ العواصف الرعدية ظاهرة مناخية مهمة وكبيرة ولكن أماكن وقوعها وشدتها وانتظامها تتأثر بطبيعة تضاريس الأرض.

كما أن المعالم المحلية بشكل خاص تؤثر في ظاهرة البرق المصاحبة. وتُعدُّ قمم الجبال والمباني العالية أكثر تعرضاً الى الصواعق، وكذلك الأجسام العالية بالنسبة لارض مستوية وتبعاً لذلك فانه لا بد من اتخاذ الاحتياطات اللازمة.

أما الغبار والرياح الرملية فانها تتأثر بالعوامل المحلية، سواء من سطح الأرض المزود الرئيسي بالرمل والغبار التي تثيرها الرياح، أو بتضاريس الأرض التي تمنع الرياح من احداث الدوامات المحلية. وتتحرك الرمال في

العادة على سطح الأرض المستوية بفعل الرياح القوية، ولذلك فان حاجزاً صغيراً يُعَدُّ عاملا مؤثراً في إيقاف حركتها. وسوف تستقر في الأماكن التي تكون فيها سرعة الرياح قليلة أو في الأماكن التي تتكون فيها الدوامات والاضطرابات. ويمكن لذرات الغبار المعلقة في الرياح أن تنتقل بحرية الى ارتفاعات تزيد على ١٥٠٠م. وتُعَدُّ العواصف الرملية الشديدة ظاهرة مناخية كبيرة ومهمة ولكنها ليست متأثرة مباشرة بالعوامل المحلية. وغالباً ما ينعكس أثرها على الأماكن المعرضة للرياح السريعة ويمكن للحواجز الطبيعية أو الصناعية أو توفر حِمَاية كافية. ولكنها سوف تستثني امكانية الانتفاع من حركة الرياح لأغراض التبريد.

إن بعض العواصف المغبرة من النوع (Willy – Willy) يمكنها أن تتولد على مستوى صغير. وفي الوقت الذي تكون فيه أكبر كمية إشعاع حراري (ما بين الساعة ١٤,٠٠ ـ ١٥,٠٠). فان طبقة الهواء الملامسة لسطح الأرض، التي تعدُّ اكثر سخونة، تنفجر في طبقة الهواء الباردة المحيطة بها فجأة، وبعنف، وتكون على شكل زوبعة تحمل غباراً كثيراً. إن كلاً من مولد وممر مثل هذه الزوابع يعتمدان على ظواهر طبيعية محلية صغيرة، كالتضاريس ونوعية سطح الارض. أما الهزات الأرضية، وهي ليست ظاهرة مناخية تماماً فيجب أن تؤخذ بعين الاعتبار هنا. إنها تحدث غالباً في مناطق معروفة وموضحة بمناطق الزلازل. هنالك معلومات كبيرة عن الزلازل توجد في أماكن كثيرة، حتى اذا لم تكن هنالك أجهزة محلية لمراقبة الزلازل في ضوء المعطيات الجيولوجية (كوجود خطوط التصدع)، ومناطق الزلازل الخطرة يمكن توضيحها على مقياس صغير مخططات تساوي الزلازل (Isoseismal maps) مجموعة من الخرائط توضح خطوط تساوي خطورة الزلازل موجودة في مواقع متعددة. فاذا لم تتوافر مثل هذه الخرائط، وكان الموقع في منطقة زلازل رئيسية أو قريب منها، فانه لا بد من استشارة خبير، لاختبار موقع خطر أو لتوضيح درجة الخطورة لاتخاذ الاحتياطات اللازمة.

**١,٤,١٣ الكساء الخضري**

تشكل الأشجار والغطاء النباتي طبقة وسيطة بين الجو وسطح الأرض. وتأثيرها كوسيط في مناخ الموقع ثم الاشارة اليه في الحديث عن درجة الحرارة، والرطوبة والاشعاع وحركة الهواء. وعند تغطية الأرض بالخضرة،

فإن سطح الاتصال يتحول الى طبقة أعلى، وتزداد مساحتها بحوالي أربعة الى اثنتي عشر ضعفاً. وفي الأقاليم الحارة والباردة من الأرض فان فائدة غطاء بسيط من نباتات صغيرة تكون عظيمة.

ويمكن الحصول على المعلومات المهمة للموقع وللمناظر الطبيعية من الملاحظة البصرية للغطاء النباتي وبالمعرفة العملية عن التربة، والماء والشمس والرياح اللازمة للنباتات الشائعة، ويمكن للمصمم أن يعلاف الاختلافات الرئيسية للمناطق بالنسبة لمناخ الموقع كما هو موضح بالغطاء النباتي.

١،٤،١٤ مناخ المدينة

تؤدي البيئة المصنوعة من الانسان الى تكوّن مناخات متفاوته خاصة به ومختلفة عن المناخ الواسع للمنطقة أو الإقليم بدرجة تعتمد على درجة تدخل الانسان فيها. ويكون هذا التدخل في البيئة الطبيعية عظيماً في المدن والبلدان المتسعة، ولذلك كان علينا أن نتحدث عن مناخ المدينة.

من أهم العوامل التي تسبب اختلافاً في مناخ المدينة عن مناخ المنطقة الواسعة هي مايلي:

أ ) اختلاف نوعية الأسطح: (الأرصفة والمباني)، لانها تزيد في امتصاص أشعة الشمس، وتقلل التبخير.

ب ) المباني: حيث تسبب الظلال، وتحجز الرياح، ولكن هنالك امكانية توجيهية ثانية على شكل ممرات مع زيادة محلية في السرعة أو تخزينه للحرارة في كتلته وإعادة اشعاعها مرة ثانية أثناء الليل.

جـ ) الاشعار الحراري: في الحوائط والتهوية في المباني المدفأة، نتيجة لوحدات التبريد الصناعية والتكييف (تحريك الحرارة من المساحات المتحكم بها للهواء الخارجي)، ونتيجة للحرارة من محركات الاحتراق الداخل، واستخدامات الكهرباء وفقدان الحرارة من الصناعة وخصوصاً الأفران والمصانع الكبيرة.

د ) تلوث الجو: حيث مخلفات المراجل والمنازل والصناعة والمداخن، وعوادم السيارات، والدخان والأبخرة التي تقلل أشعة الشمس المباشرة ولكنها تزيد من الأشعة المنتشرة وتعمل حاجزاً للأشعة

المنعكسة. ويمكن أن يساعد وجود الذرات الصلبة في جو المدينة على تكوين الضباب وتهيء الفرصة لسقوط المطر في الظروف المناسبة.

ويمكن أن يكون امتداد هذا الانحراف (عن مناخ المنطقة) جوهرياً تماماً.

درجة حرارة الهواء• في المدينة يمكن أن ترتفع الى ٨°م عنها في الأرياف المحيطة، وقد وجد اختلافاً مقداره ١١°م (في بعض الحالات).

الرطوبة النسبية: يمكن أن تنخفض بمعدل ٥ ـ ١٠٪ نتيجة لسرعة صرف المطر عن الأرصفة ونتيجة لضباب الغطاء الخضري ولارتفاع درجة الحرارة.

سرعة الرياح: يمكن أن تنقص الى أقل من نصف سرعتها في المناطق الريفية المجاورة للمدينة. ولكن تأثير توجيه الرياح بشكل يشابه تأثير المداخن حول الشوارع المبنية أو في الفراغات بين المباني المرتفعة يمكن أن تضاعف السرعة. كما يمكن أن تتكون اضطرابات قوية وزوابع على زوايا الحواجز المعاكسة لاتجاه الرياح.

١,٤,١٥ معطيات مناخ الموقع

تتوافر المعطيات الخاصة بالمناخ الاقليمي الرئيسي في كل مكان تقريباً. وقد سبق أن لخصت طريقة بيان هذه المعطيات على شكل منحنيات وجداول في الفصل ١,٢,١٦.

ومن النادر وجود المعطيات المقاسة التي يمكن الاعتماد عليها، لموقع معين. ولكن حيث أن متغيرات المناخ لموقع ما هي نفسها للأقليم، فمن الأفضل البدء بملخصات معطيات الاقليم، وفي خطوة لاحقة، يحسن البدء باختيار المتغيرات التي يمكن أن تتأثر بعوامل محلية خاصة وكيف يمكن أن يكون مثل هذا الانحراف (من المناخي الاقليمي). وهنا يمكن أن تتغير منحنيات المناخ والقيم المجدولة تبعاً لذلك يمكن توضيح هذه الحقيقة في حالة، التأكد من عدم وجود انحراف. ويمكن في معظم الأحيان أن تستخدم معطيات الاقليم مع بعض الملاحظات النوعية، وذلك بخصوص الانحراف المحلي. وقد يكون ذلك مرضياً تماماً طالما أن النتائج التي تمّ التوصّل اليها من هذه المعلومات سوف تكون نوعية في معظمها.




# الراحة : الظروف المرغوبة

٢,١ عوامل الراحة الحرارية

٢,٢ أسس الراحة الحراريـــة

٢,٣ درجة الحرارة الفعالة ، أو استعمالاتها

## ٢،١ عوامل الرّاحة الحراريّة

٢,١,١ المقدّمة
٢,١,٢ انتاج الجسم الحراري
٢,١,٣ فقدان الجسم الحراري
٢,١,٤ المنظمات الآلية
٢,١,٥ الفقدان الحراري في الأجواء الحرارية المختلفة
٢,١,٦ السكون والهواء الدافيء والرطوبة المعتدلة
٢,١,٧ الهواء الحار والاشعاع المعتبر
٢,١,٨ الهواء الحار والاشعاع وحركة الرياح المدركة
٢,١,٩ الهواء المشبع والهواء الساكن، درجة الحرارة فوق الجسم
٢,١,١٠ أثر التعرض الطويل
٢,١,١١ المتغيرات الموضوعية

٢,١,١ المقدّمة

تشمل دورة حياتنا حالات من النشاطات، كالتعب والراحة. ومن المهم أن يستعيد الجسم والعقل نشاطهما بالاستجمام، ممثلا في الراحة والنوم، ليعادل الاجهادات العقلية والجسمية المختلفة التي يقومان بها [١٩]. وعادة تعرقل هذه الدورة بظروف مناخية غير مرغوبة، ونتيجة الاجهاد العقلي والعضلي يسبب عدم الراحة، وفقدان الكفاءة، ويمكن أن يؤدي الى انهيار نهائي للصحة. لذلك فان تأثير المناخ على الانسان يعدُّ عاملاً ذا أهمية بالغة [٢٠].

إن هدف المصمم أن يخلق أفضل مناخ ممكن في الداخل (إذ ليس من المنظور تنظيم الظروف الخارجية). ويتحكم في رغبة سكان المبنى (عند تحديد نوعية التصميم) ظروفهم المادية والنفسية. وتؤثر الأحساسيس المتراكمة للظروف المرضية للانسان والاجهاد المتواصل في حكمنا النهائي على المباني التي نعيش فيها، وقل مثل ذلك في المدارس، والمكاتب أو المصانع حيث نعمل. انه تحدٍّ للمصمم ليجدّ في طلب أسباب الراحة المثالية. وهي ما يمكن تعريفها بانها الاحساس بالظروف المادية (المنقولة بواسطة الحواس) والذهنية المرضية للانسان. وهنالك معلومات وافرة، قد

نشرت حتى الان، عن الجانب المادي، ولكن المعلومات الخاصة بالجانب النفسي عن بيئتنا قليلة جداً.

تعتمد معايير الراحة الكلية على حواس الانسان. وفي الفقرات التالية، حيث يمكن أن نذكر علاقة النفسية الذاتية ببيئتنا، الا أن تركيزنال الرئيسي سوف يكون على الراحة الحرارية للانسان، التي تُعَدُّ المشكلة السائدة في المناخات المدارية. ويمكن اثبات الاستجابة الوظيفية للظروف المناخية باختيار ذات الظروف ومراقبتها.

وقد بدأ وضع قواعد معيارية للراحة الحرارية في أوروبا منذ حوالي ١٥٠ سنة واستمر ذلك الى بداية القرن التاسع عشر عندما بدأت حركة إصلاح ظروف المساكن والصناعة. والقواعد الأساسية للحرارة طبقت أولاً في المناجم، وصناعة التعدين والنسيج؛ إذ شاعت الحوادث والأمراض نتيجة للاجهاد الناجم عن الحرارة والرطوبة في السابق.

إن استجابة الانسان لحرارة البيئة لا تعتمد على درجة حرارة الهواء فقط، فقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن درجة حرارة الهواء، والرطوبة، والاشعاع وحركة الهواء جميعها تؤدي الى تغيّرات حرارية لا بد من أخذها في الاعتبار ما دامت استجابة الانسان هي هدف التنبؤ. ولتقدير هذه العوامل المناخية، ينبغي اختبار العمليات الحرارية في جسم الانسان.

**٢,١,٢ الانتاج الحراري للجسم**

وتنتج الحرارة في الجسم باستمرار. وذلك في معظم العمليات الكيميائية الحيوية في بناء الأنسجة، وتحويل الطاقة والعمل العضلي مصحوباً بانتاج حراري وتتحول الطاقة والمتطلبات المادية في الجسم من استهلاك الطعام وهضمه. وتتضمن العمليات تحويل مادة الطعام الى مادة حياتية وشكل من الطاقة يمكن الاستفادة منه وهي تسمى بالتفاعل الحيوي [٢٠]. ويمكن تقسيم كمية الحرارة الكلية للتفاعل الحيوي الى تفاعل أساسي: (basic metabolism) اي انتاج الحرارة الانمائي الآلي المستمر، والتفاعل الحيوي العضلي: أي إنتاج الحرارة من العضلات عندما تقوم بعمل ما فان ٢٠٪ من جميع الطاقة المنتجة في الجسم ينتفع به، والباقي (٨٠٪) هو حرارة فائضة ولا بد من أن تبرد في المحيط. وتختلف هذه

الحـرارة الـزائـدة، باختـلاف معـدل التفـاعل الحيوي ويعتمد ذلك على النشاط. يبين الجدول التالي كمية الحرارة الزائدة الناتجة من الجسم في النشاطات المختلفة.

| النشـــاط | واط |
|---|---|
| النوم | الحد الادنى ٧٠ |
| الجلوس، حركة معتدلة كالطباعة | ١٣٠ ـ ١٦٠ |
| الوقوف، أعمال خفيفة على الآلة او المقعد | ١٦٠ ـ ١٩٠ |
| الجلوس، حركات ثقيلة من اليد او القدم | ١٩٠ ـ ٢٣٠ |
| الوقوف، عمل معتدل، بعض المشي | ٢٢٠ ـ ٢٩٠ |
| المشي، حمل او رفع احمال خفيفة | ٢٩٠ ـ ٤١٠ |
| رفع احمال ثقيلة متقطعة، حفر | ٤٤٠ ـ ٥٨٠ |
| اعمال قاسية دائمة | ٥٨٠ ـ ٧٠٠ |
| عمل قاسي بحد اقصى لمدة ٣٠ دقيقة | حد اقصى ـ ١١٠٠ |


| النشاط | واط |
|---|---|
| النوم | الحد الادنى ٧٠ |
| الجلوس، حركة معتدلة كالطباعة | ١٣٠ ـ ١٦٠ |
| الوقوف، اعمال خفيفة على الآلة او المقعد | ١٦٠ ـ ١٩٠ |
| الجلوس، حركات ثقيلة من اليد او القدم | ١٩٠ ـ ٢٣٠ |
| الوقوف، عمل معتدل، بعض المشي | ٢٢٠ ـ ٢٩٠ |
| المشي، حمل او رفع احمال خفيفة | ٢٩٠ ـ ٤١٠ |
| رفع احمال ثقيلة متقطعة، حفر | ٤٤٠ ـ ٥٨٠ |
| اعمال قاسية دائمة | ٥٨٠ ـ ٧٠٠ |
| عمل قاسي بحد اقصى لمدة ٣٠ دقيقة | حد اقصى ـ ١١٠٠ |


معلومات القيم المتوسطة منشورة في مراجع مختلفة.

---

**٢,١,٣ الحرارة المفقودة من الجسم**

يجب ان تبقى حرارة الجسم الداخلية متوازنة وثابتة (حوالي ٣٧°م) ولتحقيق ثبوت درجة حرارة الجسم حول هذه الدرجة لا بد من التخلص من جميع الحرارة الفائضة الى المحيط الخارجي [٢١]. واذا كان هنالك بعض

الشكل (٢٦):
التبادل الحراري
للجسم

أشكال الكسب الحراري المتزامن من المحيط (مثل الإشعاع الشّمسيّ أو الهواء الساخن)، فلا بد لهذا أن يبرد أيضاً.

يستطيع الجسم أن يطلق الحرارة الى المحيط بطرق الحمل والاشعاع والتبخير ـ وبكمية أقل بالتوصيل. الشكل (٢٦) [٢٦].

وتنتج الحرارة المنقولة بالحمل عن الحرارة المنتقلة من الجسم الى الهواء عند اتصاله بالجلد او الملابس ثم يرتفع ليحل محله هواء ابرد منه. ويزداد معدل الحرارة المفقودة بالحمل بازدياد حركة الرياح، بقلة درجة حرارته، وبزيادة درجة حرارة الجلد.

اما الحرارة المفقودة بالاشعاع فانها تعتمد على درجة حرارة سطح الجسم ودرجة حرارة الأسطح المقابلة. واما الحرارة المفقودة بالتبخير فانها محكومة بمعدل التبخير والذي بدوره يعتمد على رطوبة الهواء (كلما كان الهواء جافاً زاد التبخير) وعلى كمية الرطوبة الموجودة والقابلة للتبخير. يحصل التبخير في الرئتين في أثناء التنفس وعلى الجلد، بطريقة غير محسوسة بالعرق. ويعتمد انتقال الحرارة بالتوصيل على الفرق في درجات الحرارة بين سطح الجسم وبين الشيء الذي يلامسه.

٢,١,٤ آلية التنظيم

الاتزان الحراري في الجسم موضّح في الشكل (٢٧) ويمكن التعبير عنه، اذا كانت معاملات الحرارة المكتسبة والحرارة المفقودة على النحو التالي:

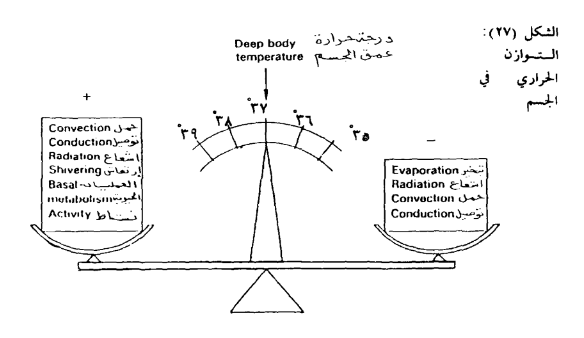
**الحرارة المكتسبة:**

Met : التفاعلات الحيوية (العضلات والتفاعلات الأساسيّة)
Cnd : التوصيل (الاتصال بأجسام حارة)
Cnv : الحمل (اذا كان الهواء أسخن من الجلد)
Rad : الاشعاع (من الشمس ومن السماء والأجسام الحارّة)

**الحرارة المفقودة:**

Cnd : التوصيل (الاتصال المباشر بأجسام باردة)
Cnv : الحمل (اذا كان الهواء أسخن من الجلد)
Rad : الاشعاع (الى السماء ليلا والأجسام الباردة)
Evp : التبخير (من الرطوبة والعرق)

ويتحقق الاتزان الحراري عندما تكون:




الشكل (٢٧): التوازن الحراري في الجسم

وحالما يصبح هذا المجموع أكبر من صفر فان هنالك ضبط يحدث في الدم. تزداد الدورة الدمومية التي تصل الى سطح الجلد، وينتقل معها كمية من الحرارة الى السطح فترتفع درجة حرارة الجلد وتتسارع بذلك جميع أشكال الفقد الحراري. وعلى عكس ذلك، اذا كان مجموع المعادلة السابقة أقل من صفر، فان دورة الدم الى الجلد تقل، وبذلك فان درجة حرارة الجلد تقل، ونتيجة لذلك فان عملية فقدان الحرارة تتباطأ. ويسيل العرق اذا كانت عملية تنظيم الحرارة بواسطةحركة الدم غير كافية وازدادت الحرارة الزائدة، يتراوح معدل العرق ما بين ٢٠غم / ساعة ـ ٣كغم / ساعة في فترات الجهد الفيزيائي، متواكبة مع تأثير البيئة الحارة [٢٣].

واذا ما استمرت البرودة، في بيئة باردة، على الرغم من عملية ضبط الحرارة في الدم، فقد تحدث للانسان رجفة مخلة، يمكن أن تضاعف الحرارة الى عشرة أضعاف ما ينتج عن التفاعلات الحيوية في فترة وجيزة.

وتتكون عملية ضبط تصدرها الغدد وتمتد فترة من الوقت، أو يتم التأقلم مع الجو وهذه، بدورها، ربما تتضمن التغيير في أساس العملية الحيوية في انتاج الحرارة، وتزيد في كمية الدم (لانتاج والمحافظة على ثبوت الأوعية الدموية وتوسيعها) وترفع معدل العرق.

### ٢,١,٥ الفقد الحراري في مختلف البيئات

وعند تقسيم المناخات الحرارية الى ستة أصناف، (١,٣,٢) وعند مناقشة الانحراف في مناخ موقع ما، فقد ركزنا على أربعة عوامل أساسية تؤثر مباشرة على راحة الانسان وهي: درجة حرارة الهواء، والرطوبة، وحركة الرياح والاشعاع. ولبيان أهمية هذه العوامل يجب أن نوضح أدوارها. إن كل واحد منها يؤثر بطريقة أو أخرى في عملية التبادل الحراري بين جسم الانسان والمحيط الذي يعيش فيه. ويمكّن كلا منها أن يزيد أو يقلل من الحرارة الزئدة في الجسم. وعلى سبيل المثال: فان درجة حرارة الهواء الزائدة تمثل حاجزاً يحول دون التشتيت الحراري بطريقة الحمل (بل يمكن أن يؤدي ذلك الى رفع حرارة الجسم اذا كانت درجة حرارته أقل من حرارة

الهـواء)، وكذلك الرطوبة العالية، حيث يمكنها أن تعيث الفقد الحراري بواسطة التبخير [٢٤].

وسنعـرض في الفقـرات التالية كيفية تأثير هذه المتغيرات المناخية الأربعـة في عملية التشتت أو التبـريد الحراري على جسم الانسان، في الأحوال الداخلية (داخل المباني) المختلفة.

٢,١,٦ الهواء الدافىء الساكن والرطوبة المعتدلة

وفي المناخ المعتدل، في الداخل، عندما تكون درجة حرارة الهواء حوالي ١٨°م، وعنـدمـا يكـون الهـواء هادئـاً، ولا تزيد سرعـة الهواء عن ٠,٢٥م/ث، وعندما تكون الرطوبة ما بين ٤٠-٦٠٪، ويقوم الانسان بعمل موضعي فانه يبّرد الحرارة الزائدة بسهولة، وذلك بالطرق التالية:

٤٥٪ بالاشعاع
٣٠٪ بالحمل
٢٥٪ بالتبخير

اذا كانت درجـة حرارة الحوائط المحيطة ثابتة تقريباً وتساوي درجة حرارة الهواء [٢٥].

٢,١,٧ هواء حار وكمية إشعاع معتبرة

تتراوح درجة حرارة الجلد ما بين ٣١ - ٣٤°م. وعندما تقترب درجة حرارة الهواء من درجة الجلد يزداد الفقد الحراري بواسطة الحمل تدريجياً. ان التنظيم الحراري بواسطة الأوعية الدّمويّة يزيد من درجة حرارة الجلد الى الحـد الأعلى (٣٤°م)، ولكن عنـدمـا تصـل درجة حرارة الهواء الى هذه النقطة، فلن يكون هنالك فقد حراري بواسطة الحمل.

وطالما أن معدل حرارة الأسطح المقابلة للانسان أقل من درجة حرارة الجلد، فانـه سيكـون هنالك فقد للحرارة بواسطة الاشعاع، وعندما تزداد درجة حرارة الأسطح فان الفقد الحراري بواسطة الاشعاع يقل. إن الحرارة المشعة من الشمس أو من جسم حار (نار أو من مصدر حراري) يمكن أن تكون عامل كسب حراري رئيسي.

وعنـدما يكون عنصرا الحمل والاشعاع في عملية التبادل الحراري موجبين فان التبخر يمكن ان يحافظ على الاتزان الحراري في الجسم الى حد معين، بشرط أن يكون الهواء جافاً الى درجة تسمح بمعدل تبخر عال.

٢,١,٨ هواء حار، اشعاع وحركة معتبرة للهواء

عنـدما يكون الهواء حاراً (مساوياً او يزيد على درجة حرارة الجلد) بحيث يكون الحمل موجباً، وتكون درجة حرارة الأسطح دافئة، أو تكون هنـالـك كمية معتبـرة من الحرارة المشعة من أحد المصادر (يكون عنصر الاشعاع دائماً موجباً)، ويكون الهواء رطباً (رطوبته النسبية أقل من ١٠٠٪) فان حركة الهواء سوف تزيد من سرعة التبخر، وبذلك يزداد تشتت الحرارة، على الرغم من أن درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الجلد.

الطريقة كمايلي: اذا كانت الرطوبة النسبية للهواء حوالي ٩٠٪، فانها ستمتص بعض الرطوبة بواسطة التبخر من الجلد، ولكن الطبقة الرقيقة من الهواء (١ - ٢سم) سوف تحتك مباشرة بالجلد وتصبح مشبّعة وهذه الطبقة المشبّعة المحيطة بالجلد تحول دون أية عملية تبخير اضافية. ولكن الهواء المتحرك يزيل هذه الطبقة المشبّعة وبذلك تستمر عملية التبخير. وقد ورد في بعض المراجع [٢٦] ان في ضغط تبخير أكبر من ٢٠٠٠ نيوتن / م$^{2}$، كل ١م/ث زيادة في سرعة الرياح تعادل الزيادة في ضغط تبخير مقداره ٣٠٠ نيوتن / م$^{2}$.

وعندما يصبح الهواء تماماً، وادفأ من الجلد، فان حركته تزيد فقط من عدم الـراحة والكسب الحراري. ولحسن الحظ فان هذه الأحوال نادراً ما تحدث. حتى في المناطق الدافئة الرطبة فان اقصى رطوبة تكون عندما تقل درجة حرارة الهواء عن درجة حرارة الجلد، بينما كانت أقصى درجة حرارة مصحوبة برطوبة معتدلة.

٢,١,٩ هواء مشبـع ساكـن فوق درجة حرارة الجسم

ولنفرض حالة ما، ان درجة حرارة الهواء والأسطح فوق درجة حرارة الجلد (أعلى من ٣٤°م)، وحيث لا توجد حركة هواء معتبرة (أقل من ٢٥ , ٠ م/ث)، والـرطـوبة النسبية قريبة من ١٠٠٪. عندئذ سيكون العرق وافراً وغـزيراً، ولكن لا يكـون هناك تبخير. وسوف يكون هنالك حرارة مكتسبة بالحمل والاشعاع، لذلك، على كل حال، التفاعل الحيوي لانتاج الحرارة يكـون صغيراً، وسوف تكون جميع العناصر في الميزان الحراري (معادلة ٢,١,٤) موجبة:

عندها تبدأ درجة حرارة الجسم بالارتفاع، وعندما تزداد درجة الحرارة

في عمق الجسم ٢°م أو (كحد اقصى) ٣°م فقط، يصاب الانسان بصدمة حرارية. وهذا انهيار دائري، يتبعه ازدياد مضطرد في درجة الحرارة في عمق الجسم. وعندما يصل ذلك الى درجة حرارة (حوالي ٤١°م) فانه يصاب بحالات من السبات وتكون الوفاة وشيكة، اما اذا بلغت الحرارة ٤٥م فانه الموت المحقق.

هذه الحالات نادراً ما تحدث وربما حصلت في داخل المباني ذات التصميم الرديء وبادارة رديئة.

٢,١,١٠ تأثير التعرض الطويل

اذا لم تكن الظروف سيئة تماماً لا تحدث كوارث مفاجئة، فان التأثير الطويل لظروف غير مريحة يمكن أن يؤدي الى تأثيرات عكسية. حتى وان كانت ميكانيكية التحكم الوظيفي تمكن من المحافظة على الحياة (مثال: معدل عرق عالٍ وثابت وتوسع للشرايين دائم، فان هنالك فقداناً معتبراً في كفاءة العمل مع اجهاد وظيفي).

ويمكن للعوامل التي تسبب أيضاً انعاشاً كالرياح ذات السرعة الكبيرة ـ أن تسبب التهيج وعدم الراحة عندما تستمر مدة طويلة [٢٧].

إنّ العوامل التي تعدُّ مريحة تماماً، يمكن ان تنتج تأثيرات عكسية، اذا كانت ثابتة وغير متغيرة على الاطلاق في فترة طويلة. إن أحد متطلبات الانسان الأساسية هو التنويع، وقد كانت هذه الحقيقة مهملة من الباحثين الأولين. وقد أصبحت هذه النقطة واضحة بشكل خاص في البيئة ذات التحكم الآلي، كالمباني المكيفة هوائياً، حيث تكون البيئة الداخلية في ظروف ثابتة أو تكاد، وتكون التغيرات فيها ضمن حدود دقيقة جداً. ما هو هدف المصمم؟ هل هو مجموعة حدود من الظروف المريحة ضمن ما يمكن أن تعدَّ التغير فيها مقبولا؟ لحسن الحظ في المباني ذات البيئة المتحكم بها آلياً، تنتج التغيرات عن المتغيرات النهارية في عوامل المناخ.

٢,١,١١ المتغيرات

الاحساس بالراحة او عدم الراحة يعتمد مبدئياً على المتغيرات المناخية الأربعة التي نوقشت سابقاً. وعلى كل حال فان الأداء الحراري يتأثر بعدد من العوامل الذاتية أو الشخصية ومنها:

* الملابس: يمكن أن تتغير من شخص لآخر. والانسان الذي يلبس بدلة عمل عادية مع ملابس داخلية قطنية* يحتاج الى حوالي ٩°م أقل من الانسان العادي.

* التأقلم: كنا قد قدمنا بشيء عنه في الفصل ٢,١,٤. فاذا تعرض الجسم الى ظروف مناخية جديدة، فانه يصل الى تعديل كامل في ٣٠ يوماً وفي هذا الوقت فان الأداء الحراري الفردي سوف يتغير. (إن شخصاً ما في لندن يفضل أن يكون معدل درجة حرارة البيت الداخلية: ١٨°م ولكن بعد أن يقضي عدة أشهر في لاجوس (نيجريا)؛ إذ تكون هذه الدرجة باردة نسبياً فانه يفضل أن تكون حوالي (٢٥°م).

والسن والجنس يمكن أن يتأثرا بالأداء الحراري، ويكون التفاعل الحراري للانسان المسن أبطأ، لذلك فانه يفضل درجة حرارة أعلى. والنساء كذلك لهن تفاعل حيوي أبطأ من الرجال ويفضلن في الغالب الجو ذا الحرارة المرتفعة بمقدار درجة مئوية واحدة عما يفضله الرجال.

* شكل الجسم: أي نسبة السطح الى الحجم، وذلك تأثيره أيضاً. فمساحة سطح الانسان النحيف أكبر بكثير من رجل قصير بدين وبنفس الوزن، ويستطيع أن يبدد أكبر من الحرارة ويستطيع احتمال درجة أعلى، ويفضلها.

* الدهن تحت الجلد: يعدُّ الدهن الذي تحت الجلد طبقة جيدة للعزل الحراري. فالشخص البدين يحتاج الى هواء أبرد ليبدد كمية الحرارة نفسها (بالمقارنة بشخص معتدل الصحة).

* الحالة الصحية حيث تؤثر على المتطلبات الحرارية. ويمكن في حالة المرض أن يزداد التفاعل الحيوي ولكن الفاعلية الصحيحة يمكن أن تضعف لانتظام آلية هذا التفاعل وينتج عن ذلك أن الحدود المحتملة لدرجات الحرارة تصبح ضيقة.

* الأكل والمشروب : لكل نوع معين من الأصناف أثر على معدل التفاعل الحيوي ، وربما كان ذلك سبباً في اختلاف غذاء الناس بين المناطق المدارية والمناطق القطبية .

* لون السماء : يمكن أن يؤثر على كسب الحرارة المشعة ، وقد وضّح عمليا أن الجلود الفاتحة اللون تعكس حوالي ثلاثة أضعاف الحرارة المشعة مقارنة بالجلود الداكنة . مع أن الأسطح الفاتحة، على كل حال*، غير محصنة ضد حروق الشمس بشكل جذري ، ولا خطر القرحة والسرطان والأمراض الناجمة عن الشمس . ويحتوي الجلد الداكن أو الأسود على صبغة الملانين (Pigment melanin) الذي يكون تحت الجلد بكمية أكبر، وهو يمنع احتراق الأشعة البنفسجية التي تسبب الضرر. كما أن الجلد الأسود يزيد من إصدار الحرارة من الجسم بنفس المعدل الذي يؤدي به الامتصاص . لذلك ، فانه ليس للجلود الملونة تأثير على الأداء الحراري ، ولكن لها مقاومة أكبر لأثر أشعة الشمس المضرة .

## ٢ ـ ٢ أسس الراحة الحرارية :

٢,٢,١ البحث عن مقياس للراحة
٢,٢,٢ درجة الحرارة المؤثرة
٢,٢,٣ درجة الحرارة المؤثرة المعدلة
٢,٢,٤ الدفء المكافيء
٢,٢,٥ درجة الحرارة الفعّالة
٢,٢,٦ معامل الراحة الاستوائية
٢,٢,٧ درجة الحرارة المحصلة
٢,٢,٨ معدل أربع ساعات التعرّق المتوقع
٢,٢,٩ دليل إجهاد الحرارة
٢,٢,١٠ مخطط المناخ الحيوي
٢,٢,١١ دليل الاجهاد الحراري
٢,٢,١٢ مقاييس الراحة والتصميم

---

**٢,٢,١ البحث عن مقياس الراحة**

عندما يريد المصمم أن يقدر تأثير الأحوال المناخية على عميلة تبريد طاقة الجسم، فانه يواجه صعوبة معالجة اربعة متغيرات مختلفة متزامنة. ففي الخمسين سنة السابقة جرت عدة محاولات واختبارات من أجل استنباط مقياس ينفرد بجمع تأثيرات هذه العناصر الأربعة. وتعرف هذه المقاييس المجمعة بالأدلة أو الأسس الحرارية (Thermal indices) أو مقاييس الراحة (Comfort Scales) وقد بنيت في معظم هذه غرف اختبارات خاصة، يمكن أن تزود بمجموعة من الظروف المناخية التي يمكن تحقيقها حسب الرغبة. إذ يُعرّض عدد من الأشخاص بداخل الغرفة الى مجموعة من الظروف المناخية المختلفة ما بين حار جداً الى بارد جداً. ثم يطلب منهم تسجيل ردود فعلهم الشخصية في استبيان حسب مقياس معد لذلك. ثم تقييم الاجابات احصائياً، وتوضح النتائج على شكل منحنيات، وفي معظم الاحيان، ينتهي ذلك على شكل رسم بياني ثلاثي الخطوط (nomogram) يعرض العلاقة المخبرية التي تم التوصل اليها. وقد استنبط الباحثون المختلفون حوالي ثلاثين مقياساً للدليل الحراري.

وأهم هذه الأدلة أو الأسس موضحة بالفقرات التالية:

**٢,٢,٢ درجة الحرارة المؤثرة (ET)**

أول هذه المقاييس وضعه هاوتن وياجلون (Houghton and Yaglon) عام ١٩٢٣، اللذان كانا يعملان في المنظمة الأمريكية لمهندسي التكييف (التدفئة والتهوية). ويوضح الشكل (٢٨) نتيجة أبحاثهم وهو على شكل خارطة موضح عليها «خطوط الراحة المتساوية». وقد سمّياهُ «مقياس درجة الحرارة المؤثرة» ويمكن تعريفها بأنها درجة الحرارة الثابته، والجو المشبع (بالرطوبة)، الذي يمكنه أن ينتج (في غياب الاشعاعات) التأثير نفسه للجو تحت الاختبار. وفي عام ١٩٤٧ صحّح ياجلون (Yaglon) المقياس قليلا واجرى عليه تعديلات مقبولة.

**٢,٢,٣ درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET)**

بينما دمج مقياس درجة الحرارة المؤثرة (ET) تأثيرات المتغيرات الثلاثة في الأصل درجة الحرارة والرطوبة ثم اشتمل على حركة الرياح. فان مقياس درجة الحرارة المؤثرة المعدلة اشتمل على تأثيرات الاشعة. هذا المقياس يعدُّ في الوقت الحاضر أكثرها استعمالا، لذلك فسوف يتم وصفه بتفاصيل اكثر في القسم التالي.

**٢,٢,٤ الدفء المكافيء (EW)**

اجرت شركة السيارات (Bedford) في انجلترا اختبارات عديدة بين اكثر من ٢٠٠٠ من عمال المصانع. وكان العمال يعملون في الأعمال الخفيفة، تحت ظروف داخلية مختلفة. وقيست درجة حرارة الهواء والرطوبة ومتوسط درجة الحرارة المشعة (.mean radiant temp) وسجلت مع الاستجواب الشخصي للعمال. وقد سجلت أيضاً الحرارة للجلد والملابس. وبعد تصحيح نتائج البحث، باستخدام طرق التحليلات الاحصائية، ثم عمل مقياس الدفء المكافيء وهو موضح بالمخطط ثلاثي المحاور في الشكل (٢٨)، وقد اعتقد انه موثوق بنتائجه ضمن مناطق الراحة حتى ٣٥°م مع رطوبة نسبية ضئيلة و ٣٠°م مع رطوبة نسبية عالية ولكنه يقلل قيمة تأثير البرودة النّاجمة عن حركة الهواء في الرطوبة العالية.

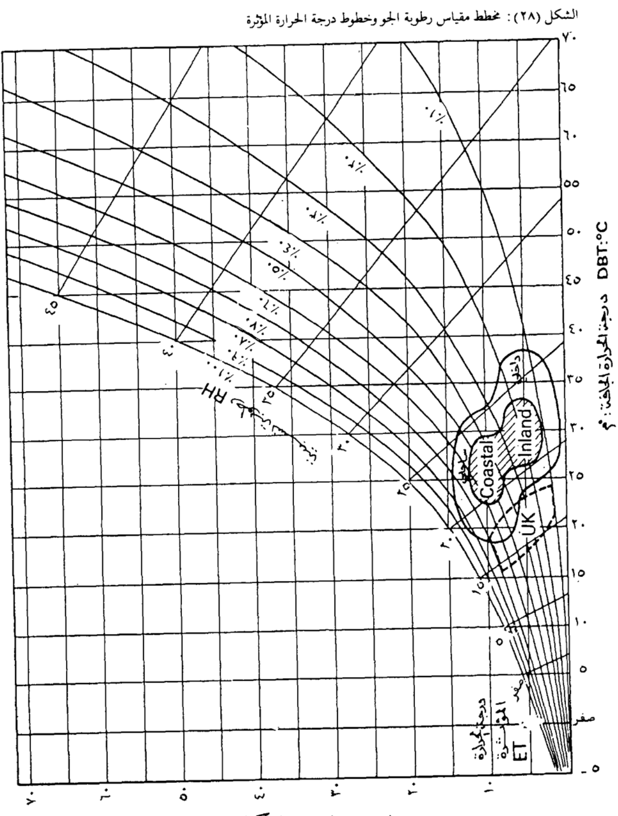
**٢,٢,٥ درجة الحرارة الفعّالة (OT)**

هنالك مقياس آخر طوِّر في الولايات المتحدة الأمريكية من (Winslow, Herriugton and Gagye)، وهو من ناحية مبدئية قريب من مقياس الدفء المكافيء. وهو يجمع ما بين تأثيرات الاشعاع ودرجة حرارة الهواء. وقد اجريت

**٢,٢,٦ معامل الراحة الاستوائية (ECT)**

الدّراسات لمنطقة معينة مع ظروف مناخية باردة، حيث تأثيرات الرطوبة القليلة جداً وكذلك معدل حركة الهواء، فقد كانت مهملة [٢٩].

الشكل (٢٨) : مخطط مقياس رطوبة الجو وخطوط درجة الحرارة المؤثرة



طوّرَ هذا المقياس (C.G. Webb) في سنغافورة عام ١٩٦٠ . وقد سجلت ردود الفعل الشخصية لأشخاص متأقلمين مع قياسات درجات الحرارة والرطوبة وحركة الهواء. وقد شكلت النتائج معادلة مبيّنة في رسم بياني، مشابه لدرجة الحرارة المؤثرة [٣٠].

٢,٢,٧ درجة الحرارة المحصلة (RT)

طوّر هذا المقياس (Missenard) ، في فرنسا، وهو تطوير بسيط عن مقياس درجة الحرارة المؤثرة. الرسم البياني (ثلاثي المحاور) الذي يوضح هذا المقياس يعدُّ تقريبا مطابقا لذلك المبين في مقياس درجة الحرارة المؤثرة. وقد كان يعتقد انه مناسب للاستخدام في المناخ المعتدل وليس لمناخ المناطق المدارية حيث لا يسمح باعطاء تأثير مناسب لحركة الهواء فوق درجة حرارة ٣٥°م ورطوبة نسبية ٨٠٪.

٢,٢,٨ معدل أربع ساعات التعرق المتوقع (P4SR)

هذا المقياس الذي يحاول ربط الاحساس الفردي مع قياسات المناخ، يهتم بصفة مبدئية بتحديد موضوعي للاجتهاد الفيزيائية (الجسمية)، التي يعبر عنها بمعدل افراز الجسم للعرق بواسطة النبضات ودرجة الحرارة الداخلية.

إنّ طريقة قياس معدّل التعرّق طوّرت في الاختبارات التي أجريت لجنود البحرية البريطانية عام ١٩٤٨، وحاولت ان تضع في الاعتبار اجهادات الحرارة الخاصة التي يمارسها أو يجريها رجال البحر. وقد أخذ في الاعتبار التفاعلات الحيوية والملابس، ودرجة حرارة الهواء والرطوبة وحركة الرياح ومعدل درجة الحرارة المشعة للاجسام المحيطة. وقد أسس مقياس معدل التعرف على قواعد ربطت بين المتغيرات السابقة، التي تنتج معدل التعرق نفسه، وهكذا نفترض الاجهادات الوظائفية نفسها [٣١].

ويمكن أن يعدّ هذا المقياس أفضل مقياس يعوّل عليه في الظروف ذات درجات الحرارة العالية، ولكن غير مناسب لظروف تقل درجة الحرارة فيها عن ٢١°م. لأن تأثير حركة الرياح في الرطوبة العالية لم يأخذ حقه في المقياس.

٢,٢,٩ دليل اجهاد الحرارة (HST)

وعلى أساس من الاعتبارات النظرية الشبيهة بما سبق تم في الولايات المتحدة الامريكية تطوير مقياس جديد. وقد وضعت عدة افتراضات فسيولوجية (تختص بالوظائف) ومن ثم طورت طريقة حسابية لايجاد مؤشر على الاجهاد الحراري استنادا الى قياسات بيئية، وقيست الحرارة الناتجة من التفاعلات الحيوية لأشخاص يعملون أعمالاً مختلفة واخذت على انها مؤشر على

الاجهاد الحراري [٣٢]. ويعتقد أنه قابل للتطبيق في هواء ساكن حرارته ما بين ٢٧°م - ٣٥°م ورطوبته النسبية ٨٠٪ وكذلك رطوبة أقل اذا كانت درجات الحرارة أعلى، ولكنه لم يكن مناسبا لمنطقة الراحة.

٢,٢,١٠ مخطط المناخ الحيوي

أظهرت بعض التجارب التي أجراها بعض الاستراليين في الظروف الحارة جداً، عندما يكون معدل التفاعلات الحيوية منخفضا (نشاطات بسيطة) فانها تكون مزعجة للغاية وأن مقادير درجة الحرارة الجافة (DBT) لها علاقة متبادلة افضل بكثير من ناحية الحكم الموضوعي اذا ما قورنت بمقادير درجات الحرارة المؤثرة (ET) وعلى هذا الأساس، ونظرا لشكوك اخرى، فقد توصل (Uolgyay) الى فكرة انه لا فائدة من عمل أو بناء مقياس او معيار ذي رقم واحد؛ إذْ إنّ للعناصر الأربعة ظروف مختلفة تتحكم بها. فقام بتشييد مخطط للمناخ الحيوي (bioclimate chart) الشكل (٢٩)؛ إذ عرفت منطقة الراحة بمصطلحات درجة الحرارة الجافة (DBT) والرطوبة النسبية (PH)، ولكنها أظهرت فيما بعد بخطوط إضافية، لقد دفعت هذه المنطقة لأعلى بسبب وجود حركة الهواء وخفضت لأسفل بواسطة الاشعاع [٣٤]. ورغم أن نتيجته ظهرت وكأنها صحيحة تماما، فانه ظهر شعور أن معيار الراحة المعدل عليه ما زال مجديا كدليل ومعنى مجمل ووسيلة اتصال.

٢,٢,١١ دليل الاجهاد الحراري (ITS)

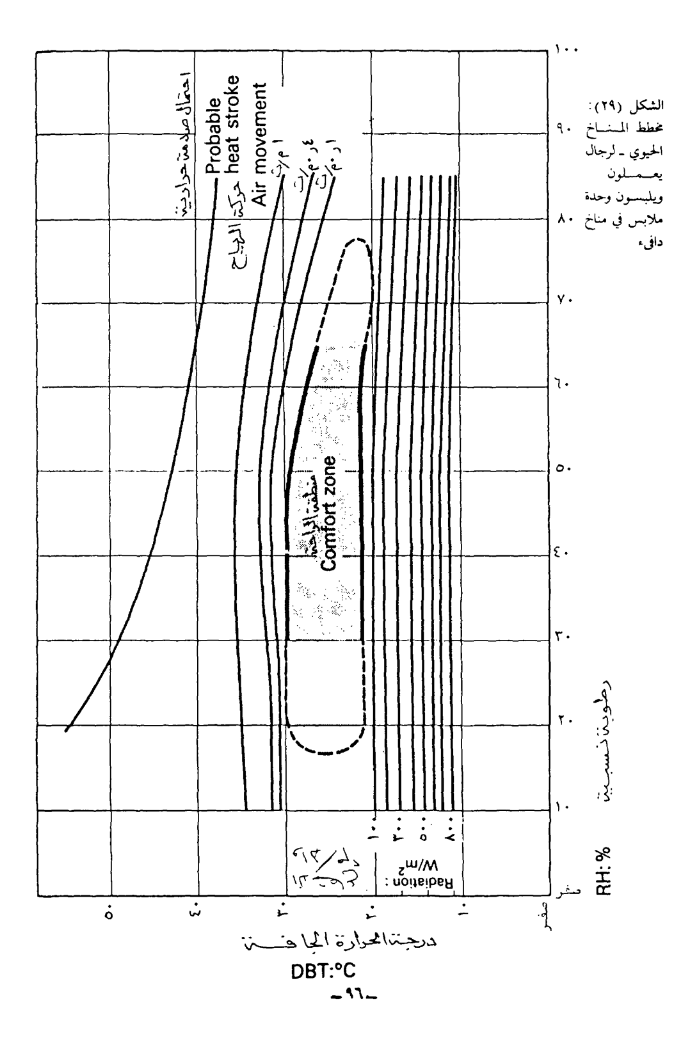
وبعد مراجعة صلاحية كثير من أدلة الراحة السابقة وتدقيقها وامكانية الاعتماد عليها، قام (Givoni) بوضع معيار جديد مستمد من المبادىء الأولى [٣٥]. ان دليل الاجهاد الحراري الذي طوّره (جيفوني)، هو معدل التبريد المحسوب الناتج من التعرق، وهو الذي يحافظ على الاتزان الحراري تحت الظروف المعطاة. واعتمدت الحسابات على مجسم مهذب ذي علاقة بعلم الطبيعيات، لنظام الانسان في المحيط الحراري. ويأخذ هذا الدليل في حسبانه جميع العوامل الحرارية الموضوعية والفردية او الشخصية. وقد امتدت فائدته مع ظروف الراحة الى الظروف شديدة الحرارة ما دامت التصحيحات الفسيولوجية (الخاصة بالجسم) قادرة على المحافظة على الاتزان الحراري.

ونظراً لتعقيد الحسابات المضمنة، فان استخدامه قد يقتصر على الباحثين وانه لن يستخدمه العمليّون.

٢,٢,١٢ مقاييس الراحة والتصميم

لمعظم المعايير الموجودة بعض الحدود في استخداماتها العملية واستعمالاتها تحت ظروف مختلفة، ويظهر بعض هذه الصعوبات من حقيقة أن هذه الاختبارات جرت تحت ظروف مناخية داخلية متباينة تبايناً كبيراً. وكذلك ظروف الاختبار فهي مختلفة أيضاً. ونتيجة لذلك فان كل مقياس او معيار صالح للعمل تحت ظروف محددة وليس بشكل مطلق.

وقد نستثني، بشكل خاص، معيار درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET) الذي أنتج تحسينات عديدة من مقياس درجة الحرارة المؤثرة (ET) الأصلي، الذي طوّره (Houghton and Yoglou) . وهذا هو أكثر معيار مستخدم وأفضلها أداءاً، رغم أن بعض الباحثين قد شككوا في دقته [٣٦]، ولكنه كافٍ تحت معظم الظروف. وسوف يستخدم في الأجزاء التالية لترجمة المعلومات المناخية والموقعية الى رقم واحد، ليستخدم كدليل لتأسيس معيار الراحة الحراري للمناخ الداخلي. كلمة دليل، على كل حال، يؤكد، حيث لا يوجد معيار يمثل رقما واحدا يمكن ليستخدم كبديل للمعلومات المفصلة وله علاقة بالعوامل المناخية الأربعة.




الشكل (٢٩): مخطط المنـاخ الحيوي ـ لرجال يعمـلون ويلبسون وحدة ملابس في مناخ دافىء

## ٣ ، ٢ درجة الحرارة المؤثرة ـ استعمالها

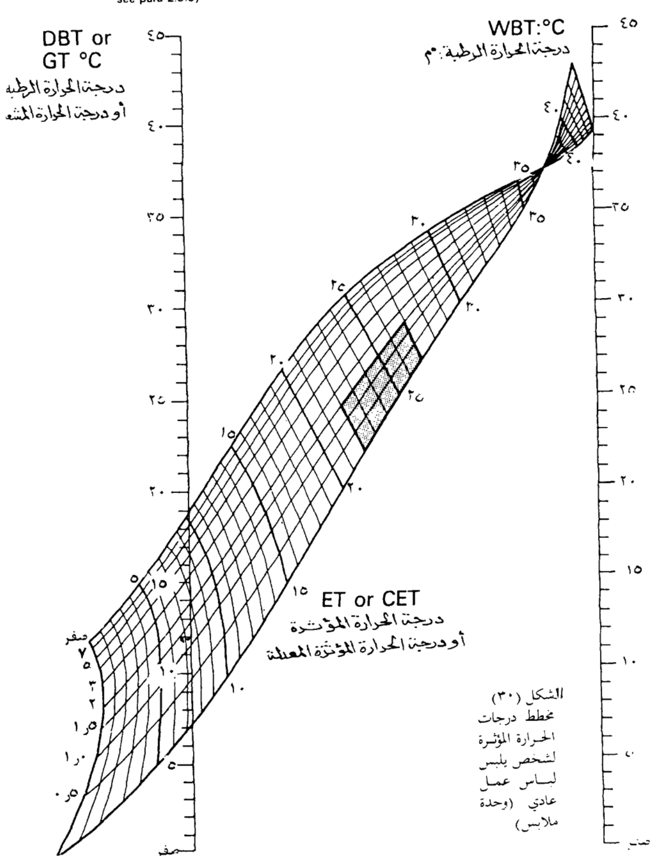
٢,٣,١ مراجعة مقياس درجة الحرارةالمؤثرة
٢,٣,٢ متوسط درجة الحرارة المشعة
٢,٣,٣ إيجاد مصادر درجة الحرارة المؤثرة المعدلة
٢,٣,٤ مقياس درجة الحرارة الهابطة
٢,٣,٥ منطقة الرحـــــة
٢,٣,٦ استعمال معيار درجة الحرارة المؤثرة المعدلة : مثال
٢,٣,٧ تحليلات المناخ باستعمال معيار درجة الحرارة المؤثرة المعدلة
٢,٣,٨ خطوط تساوي درجة الحرارة المؤثرة

---

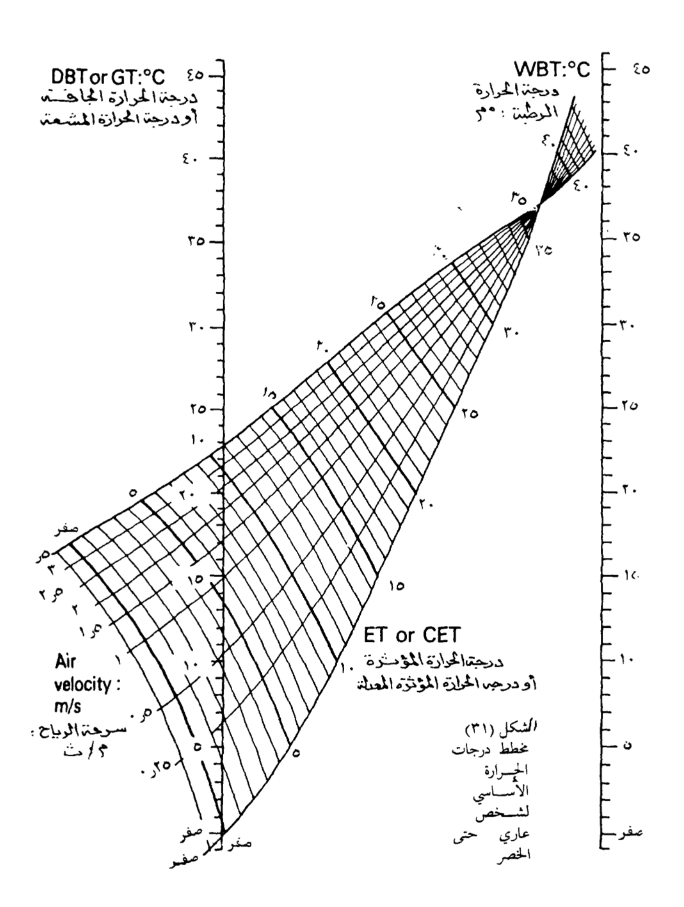
٢،٣،١ مراجعة مقياس درجة الحرارة المؤثرة

يعرف مقياس درجة الحرارة المؤثرة أصلاً بأنه خطوط الراحة المتساوية (خطوط مستقيمة) المرسومة على المخطط البياني الشكل (٢٨). وقد اثبت لاحقا [٣٦، ٣٩] ان هذه الطريقة تقلل من تقدير أهمية حركة الهواء المعتدل في درجات الحرارة العالية كما تزيد من أهمية تأثير الرطوبة العالية. وبعد دمج التعديلات المناسبة، تم بناء رسم بياني (ثلاثي المحاور) يمكن من معرفة مقدار درجة الحرارة المؤثرة مباشرة قراءة درجة الحرارة الجافة (DBT) أو درجة الحرارة الرطبة (WBT). ويبين الشكل (٣٠) هذا الرسم بمقياس كبير الى درجة كافية من ناحية عملية. وهذا المقياس العادي مناسب للشخص الذي يلبس ألبسة عادية، خفيفة، (ملابس للداخل). أما في حالة الانسان العاري من رأسه حتى خصره، فان المقياس الأساسي يجب أن يستعمل، وهو الموضح في الشكل (٣١) (كلا المخططين قد أنشأ على أساس الأعمال المنشورة في عمل Bedford بالوحدات المترية).

وكلا المقياسين عازل يحول دون تبادل حرارة الاشعاع بين الجسم والمحيط الموجود فيه. وعلى كل حال، فقد وجد أن قراءة ميزان الحرارة الدائري (انظر ٢,٣,٢)، اذا استعمل بديلا عن مقادير درجة الحرارة الجافة (DBT) فانه لا بد من تأثير ردود الفعل الشخصية في التبادل الحراري الناتج من الاشعاع. وتسمى القيم التي تم الحصول عليها في هذه الحالة «درجة الحرارة




الشكل (٣٠)
مخطط درجات
الحرارة المؤثرة
لشخص يلبس
لباس عمل
عادي (وحدة
ملابس)




الشكل (٣١)
مخطط درجات
الحرارة
الأساسي
لشخص
عاري حتى
الخصر

المؤثرة المعدلة» (CET) . ويمكن استخدام المخطط نفسه للتعريف بكلا المقياسين.

٢.٣.٢ متوسط درجة الحرارة المشعة (MRT)

ويمكن تحديد متوسط درجة الحرارة المشعة كمايلي :

اذا كانت جميع الأسطح في بيئة ما منتظمة في درجة الحرارة هذه، فانها تنتج او تعطي صافي الاتزان الحراري نفسه الناتج من الاشعاع تماما كما في البيئة المعطاة بدرجات الحرارة للسطوح المختلفة. ويمكن قياسها باستخدام ميزان حرارة دائري (الشكل ٣٢) الذي يتكون من ميزان زئبقي محاط بكرة مدهونة بلون أسود غير لامع، وقطرها ١٥٠ مم. له قصور ذاتي مقداره ١٥ دقيقة، ولكن بعد هذا الوقت، فان قراءته تكون نتيجة لدرجة حرارة الهواء وتأثير أية إشاعات ساقطة أو منبعثة. فاذا كان الهواء ساخنا وكانت الأسطح المقابلة (الحوائط) باردة فان بعض الاشعاعات سوف تنبعث من الكرة وتكون القراءة أقل من درجة حرارة الهواء. ولكن اذا كانت هنالك أشعة ساقطة فان قراءة الجهاز سوف تكون أعلى من درجة حرارة الهواء. واذا تحدثنا بدقة فان درجة حرارة الميزان الكروي (درجة الحرارة الكروية GT) ودرجة الحرارة المتوسطة للاشعاع (MRT) تكونان متساويتين في حالة واحدة هي اذا كان الهواء ساكناً تماماً ولا يوجد انتقال حراري متبادل بالحمل بين الكرة والهواء، وفي ظروف مختلفة عن هذه، يمكن ان تصحح القراءة باستخدام مخطط آخر [٢١]. ولاهداف مخطط درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET) ، فان قراءة ميزان الحرارة الكروي يمكن ان تستخدم دون تصحيح.

٢.٣.٣ ايجاد درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET)

ولايجاد درجة الحرارة المؤثرة المعدلة لموقع ما نتبع الخطوات التالية :

١ . تقاس درجة الحرارة المشعة باستخدام الميزان الكروي الشكل (٣٢).
٢ . تقاس درجة الحرارة الرطبة (WBT) .
٣ . تقاس سرعة الهواء باستخدام مقياس سرعة الرياح، او في حالة السرعات القليلة باستخدام مقياس درجة الحرارة الهابطة (Kata Thermometer) .
٤ . ضع قراءة درجة الحرارة المشعة (GT) (خطوة ١) الى يسار المقياس العمودي للمخطط (الشكل ٣٠ أو ٣١).
٥ . ضع درجة الحرارة المبتلة (WBT) الى يمين المقياس العمودي للمخطط.
٦ . صل بين النقطتين (السابقتين خطوط ٥و٦) بخط مستقيم (يمكن وضع حافة فقط بين النقطتين).

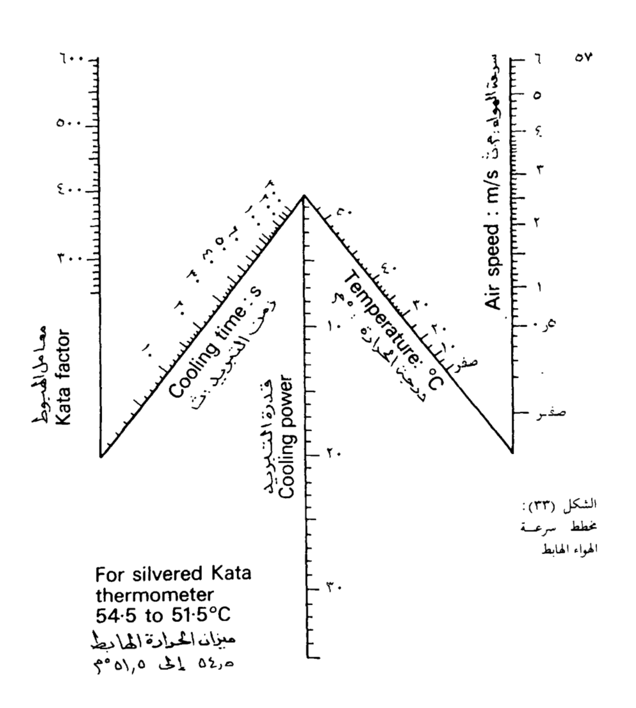
٧. اختر المنحني المناسب لسرعة الرياح (المقياس موضح على أقصى الشمال).
٨. علم نقطة تقاطع المنحني مع الخط المستقيم.
٩. اقرأ القيمة من الخط المنحني القصير المائل والمار بالنقطة نفسها، فهي قيمة درجة الحرارة المؤثرة المعدلة.

٢,٣,٤ ميزان الحرارة الهابط (Eata) Thermometer

اذا لم تكن هنالك اشعة مفقودة أو مكتسبة وكان الهواء مشبعا فان درجة الحرارة المبتلة ودرجة الحرارة للميزان الكروي تتطابقان: وسيكون الخط الواصل (الواصل بين النقطتين ١، ٢ في البند السابق) أفقياً. وكذلك اذا كان الهواء ساكناً (المنحني ١ ,. م /ث) فان قيم درجة الحرارة المؤثرة المعدلة سوف تكون، ايضا كدرجات الحرارة الناتجة من ميزان الحرارة الرطب او الميزان الكروي، كما يمكن استنتاجها من تعريف درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET)

الشكل (٣٢): الميزان الكروي

إنّ مقياس سرعة الرياح (الآلي) ذي الأجزاء المتحركة نادراً ما يستجيب الى حركة الهواء اذا كانت أقل من ٥ و. م/ث). وعلى كل حال فان مجرد حركة بسيطة للهواء ذات اتجاهات عشوائية يمكن ان تقاس بتأثيره البارد. إن مقياس درجة الحرارة الهابطة (Kata thermometer) يستخدم لمثل هذا الغرض. انه انبوب زجاجي مملوء بكحول ملون. يسخن الكحول ليتمدد ويصل الى الوعاء العلوي في قمة الانبوب، وذلك بوضعه في ماء ساخن في العادة، وعندما يرفع من الماء تجفف الوصلة ويعلق على حامل، وعندما يبرد يبدأ الكحول بالهبوط. وهنالك علامتان على الانبوب، إحداهما مناظرة لدرجة الحرارة ٥٤,٥° م والأخرى الى ٥١° م (هنالك أنواع أخرى معلمة على ٣٨°م و٣٥° م). ويقاس الوقت اللازم للكحول لينزل من العلامة العليا للسفلى بساعة توقيت وهذا ما يطلق عليه «زمن التبريد». ويعبر عن الخواص المحددة لكل ميزان حرارة برقم «المعامل الهابط» (The Kata factor) (ما بين ٢٥٠ و٦٠٠) والمعلم على خلفه.
ويستخدم المخطط الموضح في الشكل ٣٣ كما يلي:
أ ) علم المعامل الهابط على يسار المعيار.
ب) علم زمن التبريد على الخط المائل.
جـ) ضع حداً مستقيماً بين هاتين النقطتين وعلم تقاطعه على المقياس المركزي (القدرة المبردة).




الشكل (٣٣): مخطط سرعة الهواء الهابط

د ) علم درجة حرارة الهواء المنفصلة (DBT) عن يمين الخط المائل للمقياس.

هـ) ضع حداً مستقيماً بين القدرة المبردة عبر درجة حرارة الهواء الجافة (DBT) وأقرأ سرعة الهواء على المقياس العمودي اليميني.

ويعمـل مقياس الهواء ذو السلك الحار استناداً الى فكرة مماثلة ولكن يستخدم نظام كهربائي بدلا من المقياس او الحسابات، ويعطي قراءة مباشرة لسرعة الرياح.

### ٢،٣،٥ منطقة الراحة

ويمكن تعـريف منطقة الراحة بانها مجموعة الأحوال (الطبيعية) التي يشعـر ٨٠٪ من الموجودين فيها بالراحة. هذه المنطقة موضحة على المخطط المنـاخي الحيوي (الشكـل ٢٩) وتـرى مضافة على المخطط الخاص بدرجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET) (شكل ٣٠) ويقارن الجدول التالي بين ما وجده عدد من البـاحثـين، ويمكن ملاحـظة ان هنالك اختلافاً كبيراً بين الحدود المختلفـة، التي تم التوصل اليها. جميع القيم معطاة بالدرجة المئوية لدرجة الحرارة المؤثرة (ET) والمصادر موضحة بعد الجدول.

| الموقع | المصدر | الحد الأدنى | الحد الأمثل | الحد الأعلى |
|---|---|---|---|---|
| بريطانيا، شتاء | ١ | ١٤ | ١٧ | ٢٠ |
| صيفا | ٢ | - | ١٨ | ٢٢ |
| الولايات المتحدة شتاء | ٣ | ١٥ | ٢٠ | ٢٣ |
| صيفا | ٤ | ١٨ | ٢٢ | ٢٦ |
| سدني صيفا | ٥ | - | ٢٢ | ٢٥ |
| سنغافورة | ٥ | ٢٤ | - | ٢٧ |
| الحدود التي يمكن اعتبارها في المناطق المدارية | | ٢٢ | ٢٥ | ٢٧ |

وعلى أساس الأبحاث التي اجريت في سنغافورة واستراليا يمكن ان تبني القيـم المعـطاة في السطر الأخير من الجدول وتجعلها قابلة للتطبيق في معظم المناخات المدارية. إن رقم ٢٢ و ٢٧° م درجة حرارة مؤثرة في حدود موضحة على المخطط (الشكل ٣٠).

1 T Bedford *Warmth factor in comfort at work* Medical Research Council, Industrial Health Research Board, Report No 76 HMSO, 1936.
2 D E Hickish 'Thermal sensations of workers in light industry in summer' in *Journal of Hygiene*, 53, 1955, No 112.
3. C P Yaglou 'The comfort zone for man . . .' in *Journal of Industrial Hygiene*, 9, 1927, 251.
4 E G A Weiss 'Air conditioning and working efficiency' in *Architectural Science Review*, July 1959, 68–76
5 C G Webb *Ventilation in warm climates*. BRS Overseas Building Notes, No. 66, March 1960, 2

ويجب أن تحدد منطقة الراحة بحدود سرعات الرياح. فاذا كانت سرعة الرياح اقل من ١٥, ٠ م/ ث، وان كانت بقية الشروط ملائمة فان معظم الناس سيعانون من فساد الهواء (لسوء التهوية). ولسرعات فوق ١,٥ م/ ث فان حركة الرياح يمكن أن ينتج عنها آثار جانبية أو ثانوية يمكن أن تكون مزعجة، مثل تطاير الأوراق أو انقلاب بعض الأدوات مثيرة الغبار. هذا ليس حداً ثابتاً تحت ظروف حارة ورطبة فان الناس يتقبلون هذا الازعاج بمقدار ما يترك من الراحة الحرارية، ولكن ليس تحت تأثير ظروف مناخية أقل حدة. وتؤخذ القيمة المتوسطة ١,٥ م/ ث.

ولهذا فان الشكل الرباعي المظلل في الشكل (٣٠) محدد بخطوط درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET) ٢٢° م و٢٧°م وبخطوط السرعتين ١,٥ م/ث تشير الى منطقة الراحة أو قيم للظروف التي اعتبرت مريحة في معظم المناخات المدارية.

٢,٣,٦ استعمال درجة الحرارة المؤثرة المعدلة مثال

افترض أن قراءة الميزان الحراري الكروي ٣٠° م وقراءة ميزان الحرارة الرطب ٢٦°م (هذه ظروف الأحوال الجوية النهارية المعتادة في الساحل العربي الافريقي) ويوضح الشكل (٣٥) هاتين النقطتين A,B متصلتان بخط مستقيم. من الملاحظ انه بوجود حركة هواء بسيطة أو عدمها، تكون الظروف المناخية غير مريحة، وبسرعة هواء مقدارها ١, ٠ م/ث تعطي درجة حرارة مؤثرة معدلة مقدارها ٢٧,٥°م. وبسرعة هواء مقدارها ٥, ٠ م/ث فان الظروف المناخية يمكن ان تطاق، على حدود منطقة الراحة، ولكن عندما تصبح سرعة الهواء ١,٥ م/ث فان الظروف تصبح مريحة ضمن منطقة الراحة وتعطي درجة حرارة مؤثرة معدلة مقدارها ٢٦° م. وإذ اصبحت سرعة الرياح ٧ م/ث فان ـ جة الحرارة المؤثرة المعدلة تنخفض لأقل من ٢٣° م ولكن هذه الرياح في حد ـ ـها تؤدي الى عدم الراحة.

اما في الليل، وفي الموقع نفسه، فان درجة حرارة الميزان الكروي وكذلك لميزان المبتل يمكن ان تكون ٢٣° م (نشير الى ١٠٠٪ رطوبة نسبية)، موضحة بالنقطتين D,C في الشكل (٣٥). وهذا يشير الى انه اذا بلغت حركة الهواء ما بين ١, ٠ م/ث و٥, ٠ م/ث فان معظم الأشخاص في هذا الجو يشعرون بالراحة (درجة الحرارة المؤثرة المعدلة CET من ٢٢ ـ ٢٣م°) ولكن اذا زادت سرعة الرياح فان الجو يصبح بارداً جداً.

واذا لم تتوافر قراءة الميزان الحراري المبتل، ولكن درجة الحرارة الجافة (DBT) والرطوبة النسبية (RH) معلومة فان القيمة المناظرة لدرجة الحرارة المبتلة (WBT) يمكن قراءتها من المخطط المناخي (الشكل ١٢، فصل ١,٢,٥). وعلى سبيل المثال، فان درجة الحرارة الجافة (DBT) التي مقدارها ٢٥°م ورطوبة نسبية (RH) ٧٠٪ فان القيمة المناظرة لدرجة الحرارة المبتلة تساوي ٢١°م.

٢,٣,٧ تحليلات المناخ باستعمال درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET)

اذا كانت درجة حرارة الميزان الكروي غير معلومة، وعلمت درجة الحرارة الجافة (DBT)، في حالات كثيرة يمكن افتراض ان درجة حرارة السطح هي نفسها درجة حرارة الهواء. لذا فان درجة الحرارة الجافة (DBT) يمكن قياسها كدرجة حرارة الميزان الكروي، اذا وُجِدَت مصادر اشعاع قوي، معلوم الشدة، وتقدر درجة حرارة الميزان الكروي بحوالي ١° أعلى من درجة حرارة الهواء لكل ٩٠ وات/م$^{2}$ شدة اشعاع.

اذا جمعت المعلومات الخاصة بمناخ المنطقة (١,٢,١٦) وعدلت حسب انحراف مناخ الموقع (١,٤,١٥) يمكن عندها تبسيط المعلومات بدمج درجة حرارة الهواء والاشعاع والرطوبة ومعلومات حركة الهواء في رقم واحد يمثل درجة الحرارة المؤثرة المعدلة (CET)، باستخدام المخطط (الشكل ٣٠). وعلى هذا يمكن ان يعمل لايجاد قيم المعدلات القصوى والمعدلات الدنيا لكل شهر، ويرى بيانيا، بما فيه منطقة الراحة مضافة على الشكل (٣٤).

يمثل الشكل (٣٦) تفاصيل أكبر لتحاليل المناخ في اسلام اباد، مثلا نجد مناخاً مركباً بثلاثة فصول متميزة، لذلك تم اختبار ثلاثة أيام نمطية في السنة، بحيث نسقت معلومات المناخ في فترات كل ساعتين. وحولت هذه المعطيات الى قيم تمثل درجة الحرارة المؤثرة المعدلة، ورسمت بشكل بياني ليبين التغيرات اليومية في الأيام الثلاث السابقة. وتم التمييز بين الفترات التي تم التعريض فيها والحماية من الهواء، وفي الفصل البارد رصدت فترات بزوغ الشمس.

ومن المعلومات المحلية فقد تم افتراض بان منطقة الراحة تتراوح بين حدود قيم درجة الحرارة المؤثرة المعدلة ١٨° م، ٢٤°م، وترى منطقة الراحة مركبة على الرسم البياني.

ويوضح الرسم فترة باردة قصيرة في الفصل البارد وعمليا هنالك فترة حارة ثابتة في الفصل الحار الجاف. تمكّن الهواء من اضفاء بعض الراحة، ولكن عمليا هذا ليس عادة منظوراً، لان الرياح تحمل معها الغبار.

**إن دراسات مثل هذه تساعدُ المصمم على توضيح التحكم الوظيفي المتوقع من المبنى وتحديد أسس تصميم المباني.**

٢,٣,٨ درجة الحرارة المؤثرة الموحدة الخواص (ET)

يمكن تمثيل التغييرات لدرجة الحرارة اليومية والسنوية على مخطط كنتوري شبيه بذلك يُوضّحُ درجات الحرارة فقط (الشكل ١٦).

ولانشاء مثل هذا المخطط، لا بد من معرفة المعلومات المتعلقة بدرجة حرارة الهواء، والرطوبة ومعدل درجة الحرارة المشعة وسرعة الرياح، ليوم نمطي لكل شهر من اشهر السنة وعلى فترات كل ساعتين. ان هذه المعلومات نادراً ما تكون موجودة. ولكن هنالك عدة افتراضات، وضعت لتبسيط هذا الهدف.

أ ) عند اعتبار الأحوال في الفراغات الداخلية، يمكن اهمال الاشعاع الشمسي، ويمكن قياس درجات حرارة الأسطح مثل درجة حرارة الهواء (DBT =GT).

ب ) يمكن اعتبار حركة الهواء بمعدل سرعة الرياح الشهرية في جميع الساعات لعمل مجموعة من القيم لدرجات الحرارة المؤثرة (ET)، ولكن لا بد من عمل مجموعة أخرى من القيم محسوبة لأحوال الهواء الساكن، على أن هذا من أسوأ الأحوال.

جـ) وعند عدم وجود قيم لكل ساعة او ساعتين، وتكون القيم المتوسطة لدرجة الحرارة القصوى وقيمها المتوسطة الدنيا متوافرة فبالامكان استخدام حاسب الدرجات الساعية (الشكل ٣٧) لمعرفة القيم المفقودة بواسطته، وذلك باتباع مايلي:

١. خذ قيم معدلات درجات الحرارة القصوى والرطوبة (بعد الظهر) وجه درجة الحرارة الرطبة (WBT) (من المخطط في الشكل ١٢). فمن هذه المعلومات يمكن معرفة قيمة درجة الحرارة المؤثرة القصوى (باستخدام المنحني في الشكل ٣٠). ومنه ضع ناتج القيمة على القياس العلوي.

٢ . خذ معدل درجات الحرارة الدنيا، والرطوبة في الصباح، التي تعرف بدرجة الحرارة الجافة (WBT) ، ومنها جد قيمة درجة الحرارة المؤثرة الدنيا ـ وضعها على المقياس السفلي.

٣ صل النقطتين السابقتين بخط مستقيم، خط درجات الحرارة.

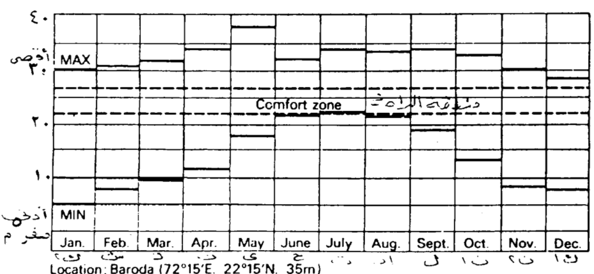
٤ . اختر الوقت المطلوب على أحد المقاييس العمودية وعلم تقاطع خط درجات الحرارة مع خط الزمن.

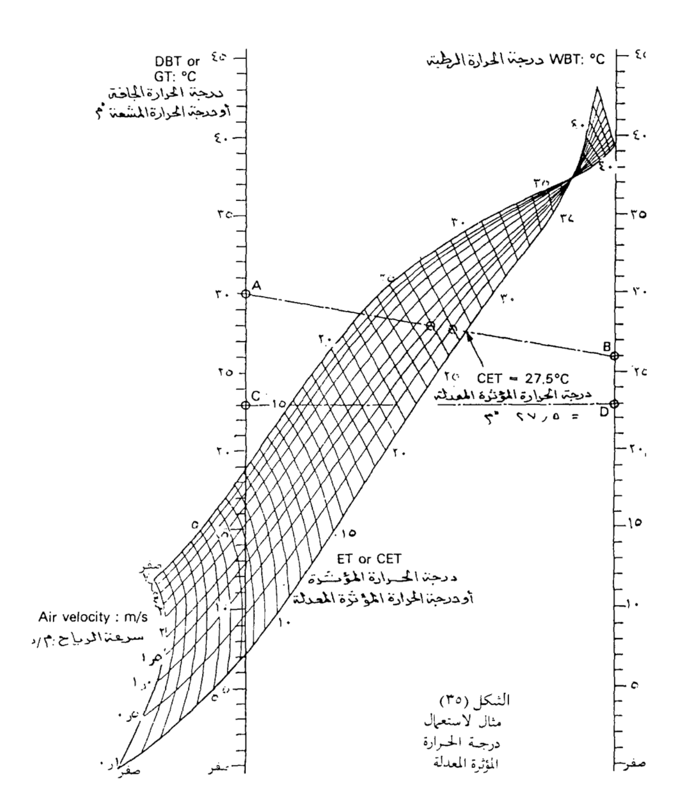
٥ . اسقط هذه النقطة عمودياً الى : إمّا المقياس الأعلى أو الأسفل واقرأ قيمة درجات الحرارة المؤثرة (ET) .

يبين الشكل (٣٨) مثالاً محلولاً باستخدام معلومات مجدولة. القيم المتوسطة القصوى والقيم المتوسطة الدنيا، لدرجات الحراة الجافة (DBT) وقيم الرطوبة صباحاً وبعد الظهر موقعة قيم درجات الحرارة الرطبة مأخوذة من الشكل (١٢). القيم القصوى والدنيا لدرجات الحرارة المؤثرة وجدت من الشكل (٣٠) واستخدام الشكل (٣٧) لاستيفاء القيم لكل ساعتين. وحولت النتائج الى المخطط الكنتوري.

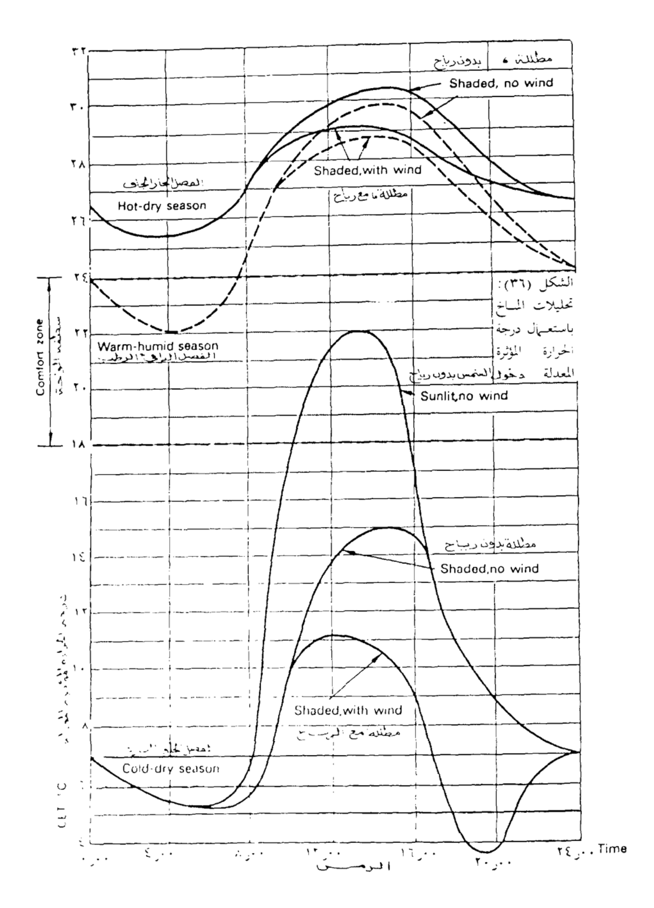
ويمكن معرفة استعمالات اضافية لهذه القيم في الفصل ١٤ , ٢ , ٤ .

الشكل (٣٤): مخطط توزيع درجات الحرارة المؤثرة



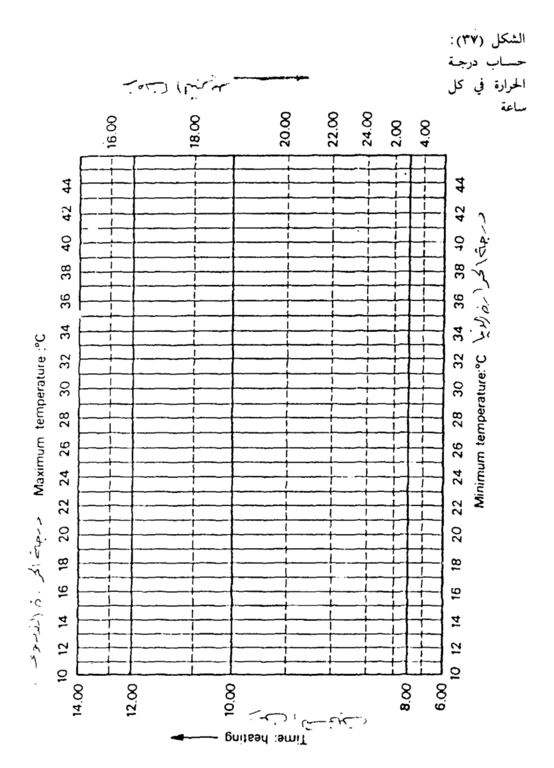



الشكل (٣٥)
مثال لاستعمال
درجة الحرارة
المؤثرة المعدلة




الشكل (٣٦): تحليلات المناخ باستعمال درجة الحرارة المؤثرة المعدلة

الشكل (٣٧):
حساب درجة
الحرارة في كل
ساعة

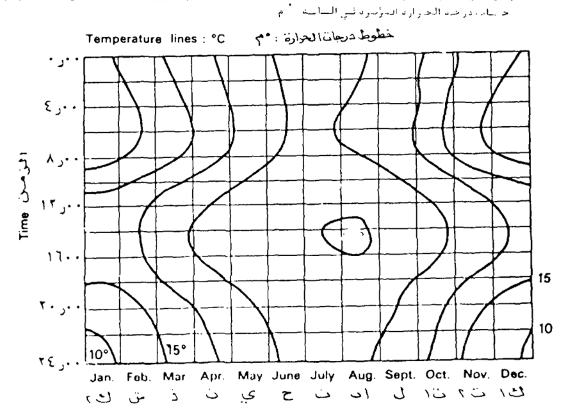


الشكل (٣٨): درجة الحرارة المؤثرة المتساوية وطريقة حسابها

| | | ك١ | شباط | آذار | نيسان | أيار | حزيران | تموز | اب | أيلول | ت١ | ت٢ | ك٢ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| العظمى | م٠د٠ح٠ قصوى | ٢١ | ٢٤ | ٣٠ر٥ | ٣٦ | ٤٠ر٥ | ٣٩ | ٣٥ر٥ | ٣٤ | ٢٤ | ٢٤ | ٢٩ | ٢٣ |
| | ر٠ن٠ مساء | ٤١ | ٣٥ | ٢٣ | ١٩ | ٢٠ | ٣٦ | ٥٩ | ٦٤ | ٥١ | ٣٢ | ٣١ | ٤٢ |
| | د٠ح٠ ر٠ | ١٣ر٥ | ١٤ر٥ | ١٦ر٥ | ١٩ | ٢٢ | ٢٤ر٥ | ٢٧ | ٢٩ | ٢٥ | ٢١ | ١٧ر٥ | ١٥ |
| | د٠ح٠م٠ القصوى | ١٨ر٥ | ٢٠ | ٢٤ | ٢٦ر٥ | ٢٨ | ٢٩ر٥ | ٣٠ | ٣٠ر٥ | ٢٨ | ٢٦ر٥ | ٢٣ر٥ | ٢٠ |
| الصغرى | معدل د٠ح٠ دنيا | ٦ر٥ | ٩ر٥ | ١٤ر٥ | ٢٠ | ٢٦ | ٢٨ر٥ | ٢٧ | ٢٦ | ٢٤ | ١٨ر٥ | ١١ | ٨ |
| | ر٠ن٠ | ٧٢ | ٦٧ | ٤٩ | ٣٥ | ٣٥ | ٥٣ | ٧٥ | ٨٠ | ٧٢ | ٥٦ | ٥١ | ٦٦ |
| | د٠ح٠ ر٠ | ٤ر٥ | ٥ر٥ | ٩ | ١٢ | ١٦ | ٢١ر٥ | ٢٤ | ٢٣ر٥ | ٢٠ر٥ | ١٣ر٥ | ٦ر٥ | ٥ر٥ |
| | د٠ح٠م٠ | ٦ر٥ | ٩ر٥ | ١٣ر٥ | ١٧ر٥ | ٢١ر٥ | ٢٥ | ٢٥ | ٢٤ر٥ | ٢١ر٥ | ١٧ | ١٠ر٥ | ٨ |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معلومات من شكل ٢٧ | الساعة ٠٠ر٠ | ٩ | ١٢ | ١٦ | ١٩ر٥ | ٢٣ | ٢٦ | ٢٦ | ٢٥ر٥ | ٢٣ر٥ | ١٩ | ١٣ | ١٠ر٥ |
| | ٠٠ر٢ | ٨ | ١١ | ١٥ | ١٩ | ٢٢ر٥ | ٢٥ر٥ | ٢٦ | ٢٥ | ٢٣ | ١٨ | ١٢ | ٩ر٥ |
| | ٠٠ر٤ | ٧ | ١٠ | ١٤ | ١٨ | ٢٢ | ٢٥ | ٢٥ر٥ | ٢٥ | ٢٣ | ١٧ر٥ | ١١ | ٩ |
| | ٠٠ر٦ | ٦ر٥ | ٩ر٥ | ١٣ر٥ | ١٧ر٥ | ٢١ر٥ | ٢٥ | ٢٥ | ٢٤ر٥ | ٢٢ر٥ | ١٧ | ١٠ر٥ | ٨ |
| | ٠٠ر٨ | ٧ر٥ | ١٠ر٥ | ١٤ر٥ | ١٨ر٥ | ٢٢ | ٢٥ر٥ | ٢٥ر٥ | ٢٥ | ٢٣ | ١٨ | ١١ر٥ | ٩ر٥ |
| | ٠٠ر١٠ | ١٣ر٥ | ١٥ر٥ | ١٩ر٥ | ٢٣ | ٢٥ر٥ | ٢٧ر٥ | ٢٨ | ٢٨ | ٢٦ | ٢٢ر٥ | ١٨ | ١٥ |
| | ٠٠ر١٢ | ١٧ | ١٨ر٥ | ٢٢ر٥ | ٢٥ | ٢٧ | ٢٩ | ٢٩ | ٢٩ر٥ | ٢٧ | ٢٥ | ٢١ر٥ | ١٨ |
| | ٠٠ر١٤ | ١٨ر٥ | ٢٠ | ٢٤ | ٢٦ر٥ | ٢٨ | ٢٩ر٥ | ٣٠ | ٣٠ر٥ | ٢٨ | ٢٦ر٥ | ٢٣ر٥ | ٢٠ |
| | ٠٠ر١٦ | ١٧ر٥ | ١٩ | ٢٣ | ٢٦ | ٢٧ر٥ | ٢٩ | ٢٩ر٥ | ٣٠ | ٢٧ر٥ | ٢٦ | ٢٢ر٥ | ١٩ |
| | ٠٠ر١٨ | ١٥ | ١٧ | ٢١ | ٢٤ | ٢٦ | ٢٨ | ٢٨ر٥ | ٢٩ | ٢٦ | ٢٣ر٥ | ١٩ر٥ | ١٦ |
| | ٠٠ر٢٠ | ١٢ | ١٤ | ١٨ | ٢١ر٥ | ٢٤ر٥ | ٢٧ | ٢٧ | ٢٧ | ٢٥ | ٢١ | ١٦ | ١٣ |
| | ٠٠ر٢٢ | ١٠ | ١٣ | ١٧ | ٢٠ر٥ | ٢٣ر٥ | ٢٦ر٥ | ٢٦ر٥ | ٢٦ر٥ | ١٤ | ٢٠ | ١٤ر٥ | ١٢ |

حساب درجة الحرارة المؤثرة في الساعة °م






# مبادىء التصميم الحراريّ

## ٣,١ كميات الحرارة

## ٣,٢ تبادل الحرارة فى المبانى

## ٣,٣ تدفق الحرارة الدورى

## ٣,١ كميّات الحرارة

٣,١,١ المقدّمة
٣,١,٢ درجة الحرارة
٣,١,٣ الحرارة
٣,١,٤ كميّات حرارية أخرى
٣,١,٥ تدفّق الحرارة
٣,١,٦ معدّل التدفّق الحراريّ
٣,١,٧ كثافة معدّل التدفّق الحراريّ
٣,١,٨ الموصلية
٣,١,٩ علاقة الكثافة
٣,١,١٠ المواصلة: (القدرة على التوصيل)
٣,١,١١ جسم متعدّد الطبقات
٣,١,١٢ موصلية سطح
٣,١,١٣ المنافذ (معدل الانفاذية)
٣,١,١٤ التجاويف
٣,١,١٥ الحمل (انتقال الحرارة بالحمل)
٣,١,١٦ الاشعاعية (انتقال الحرارة بالاشعاع)
٣,١,١٧ قياس الاشعاعية
٣,١,١٨ درجة حرارة الشمس ـ هواء
٣,١,١٩ معامل الكسب الشمسي

٣,١,١ المقدّمة

وهنا، وبعد مسح الظروف الطبيعية المعطاة وبعد اظهار اعتماد الانسان على الظروف الحرارية المناسبة، ولكن قبل تمثيل الوسائل اللازمة للتحكم الحراري، من الضروري توضيح بعض الحقائق الفيزيائية الأساسيّة المتعلقة بطبيعة الحرارة وطرق انتقالها. لمزيد من التفاصيل فيما يتعلق بالمعالجة التفصيلية للأسس الفيزيائية يمكن الرجوع الى المراجع [٤٠-٤٢]. ولا بد للمصمم من الالمام والمعرفة الأكيدة بهذه الأسس المتعلقة بالحرارة وطرق انتقالها من تلافي الانطباعات الخاطئة الشائعة.

اذا كانت طرق التحكم التي يجب معرفتها على شكل تطبيقي فقط، بدون تحليل المبادىء الأساسية، فانه لا بد من تذكر بنود كثيرة من المعلومات، وهنا فان الهدف التعليمي يغدو أكثر صعوبة، ويبقى المصمم في وضع لا يستطيع التعامل فيه مع التقلبات غير الطبيعية.

**٣,١,٢ درجة الحرارة**

إنّ درجة الحرارة ليست في الحقيقة كمية فيزيائية ولكن يمكن القول إنّها دلالة على حالة المظهر الحراري الخارجي لجسم ما. اذا انتقلت الحرارة لجسم ما، فان حركة الجزيئات داخلة تزداد، ويظهر الجسم أكثر حرارة. اما اذا انتقلت حركة الجزئيات الى أجسام أخرى (كالهواء) فان شدتها في داخل الجسم تقل ويظهر الجسم برودة اكثر.

وتقاس درجة الحرارة بمقياس الحرارة المئوي. وقد صنع هذا الجهاز بأخذ نقطتي تجمد وغليان الماء (في ظروف ضغط جوي عادي) نقطتين ثابتين وقسمت المسافة بينهما الى ١٠٠ درجة.

إن موقعاً ما على هذا المقياس، درجة حرارة جسم بعيد عنها: °م ولكن يعبر عن الاختلاف في درجة الحرارة:.بدرجة م. وسوف يشار للمقياسين بدرجة سلسيوس Celsius فالمقياس المئوي المعروف لن يستعمل لأنه مقياس زاوي ويشار اليه في بعض أجزاء هذا الكتاب.

يقسم المستطيل الى ١٠٠ درجة كل درجة الى ١٠٠ درجة مئوية):

| | |
|---|---|
| لذلك اذا كانت درجة الحرارة الداخلية | ٢٢°م |
| ودرجة الحرارة الخارجية | ٤°م |
| فاختلاف في درجة الحرارة يكون | ١٨°م |
| | |
| اما اذا كانت درجة حرارة النهار القصوى | ٣٦°م |
| ودرجة حرارة الليل الدنيا | ١٢°م |
| | |
| فالحرارة اليومية لدرجات الحرارة | ٢٤° درجة م |

في الاعمال العلمية يستخدم مقياس كلفن (ك) (او المقياس المطلق حيث الفترات في درجات الحرارة نفسها او الفترات على مقياس سلسيوس المئوي) ولكن نقطة البدء ـ أو نقطة الصفر ـ تكون الصفر المطلق ـ ٢٧٣,١٥°م.

لذلك س درجة م = س درجة ك
ولكن س ° م = س + ٢٧٣,١٥° ك

٣,١,٣ الحرارة — الحرارة شكل من أشكال الطاقة، تظهر على هيئة حركة جزئيات بشكل مادي على شكل حرارة مشعة الكترومغنطيسية وهي حزمة يتراوح اطوال أمواجها ما بين ٧٠٠ ـ ١٠٠٠٠ ن م (نافوميتر).

وهي بذلك تقاس بوحدات الطاقة العامة جول (J) (وحدة قياس الطاقة = ١٠ ملايين ارغ).

اشتق الجول من الوحدات الأساسية الثلاثة:
الطول : متر (م)
الكتلة : كيلو غرام (كغم)
الزمن : الثانية (ث)
وبشكل منطقي مترابط كمايلي:

أ ) السرعة : حركة وحدة الطول في وحدة الزمن متر لكل ثانية (م/ث).
ب) التسارع : وحدة تغيّر السرعة في وحدة الزمن م/ث = متر لكل ثانية مربعة م/ث$^2$.
جـ) القوة : التي يمكنها أن تحدث تسارع لجسم له وحدة كتلة م/ث$^2$ × كغم = كغم م/ث$^2$ هذه الوحدة أعطيت اسماً خاصاً (نيوتن).

ملاحظة : بما أن تسارع الجاذبية هو ٩,٨م/ث$^2$ فان تسارع القوة المؤثرة على كتلة ١ كغم (وزن ١ كغم أو ١ كغم ق (كيلو غرام ـ قوة) هي ٩,٨ ن (نيوتن). وينصح بحذف مصطلح الوزن (والحديث عن الكتلة أو القوة) حيث تذهب حقيقة إن وحدات الكتلة كغم أو رطل ليست نفسها وحدات القوة كغم أو رطل. وحقيقة الوزن أنه تسارع جاذبية وحدة الكتلة، وهذا الاستعمال يجب أن لا يستمر.

د ) الشغل : تنقل وحدة شغل اذا اثرت وحدة قوة على وحدة طول (اذا كان الجسم ذا كتلة ١ كغم يعطي سرعة م/ث في الثانية في ١ م حركة)، وهكذا فان وحدة الشغل هي :
ن × م = كغم م/ ث$^{٢}$ × م = كغم م $^{٢}$ / ث$^{٢}$هذه الوحدة أعطيت اسماً خاصاً : الجول.

هـ ) الطاقة : الجهد او السعة لحمل شغل معين، ولذلك فهي تقاس بوحدات الشغل نفسها.

استخدمت في السابق وحدات خاصة لقياس الحرارة، حتى وان استعمل مقياس الجول لقياس أشكال أخرى من الطاقة. الوحدات الحرارية البريطانية (BTU) : عرفت انها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة مئوية واحدة.
الكيلو كالوري (Kcal) : عرف أنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كغم واحد من الماء درجة مئوية واحدة.

وكلا المقياسين السابقين مهجور. ويمكن تحويل المعلومات القديمة الى وحدات عالمية (SI) باستخدام المعاملات التالية :

٣,١,٤ كميات حرارية أخرى

يجب تعريف كميات حرارية أخرى قبل المتابعة والتعمق، بحيث يتم الاشارة اليها في الأجزاء التالية :
الحرارة النوعية لمادة ما هي : كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من المادة درجة مئوية واحدة وتقاس بالجول/ كغم درجة م (J/ kg deg C).

وكلما زادت الحرارة النوعية لمادة ما، كان هناك امتصاص للحرارة أكبر لزيادة معلومة في درجة الحرارة. ويعدُّ الماء صاحب اكبر حرارة نوعية بين المواد الشائعة : ٤١٨٧ جول/ كغم درجة م.

وللغازات حرارة نوعية تعرف بالحجمية وعادة ما تعطي بالجول/ م $^{٣}$ درجة م.

الحرارة النوعية الحجمية للهواء حوالي ١٣٠٠ جول / م$^{٣}$ درجة م (وتختلف باختلاف درجات الضغط والرطوبة).

الحرارة الكامنة : هي كمية الطاقة الحرارية الممتصة من وحدة الكتلة من المادة عند تغير الحالة (من الصلابة الى السيولة او من السيولة الى الغازية) بدون تغير في درجة الحرارة. وهي تقاس بوحدات الحرارة الكامنة للماء وهي :

الانصهار (صفر°م جليد ـ صفر° م ماء)

٣٣٥ كيلو جول / كغم

التبخير على ١٠٠°م ٢٢٦١ كيلو جول/ كغم

للتبخر جـول ٢٠°م ٢٤٠٠ كيلو جول / كغم

عند تغير الحالة بطريقة عكسية فان نفس كمية الحرارة تطلق.

السعة الحرارية لجسم ما هي : ناتج الكتلة والحرارة النوعية لمادته، وتقاس بكمية الحـرارة اللازمة لتسبب زيادة مقدارها وحدة درجة حرارة للجسم في وحدة جول/ درجة م.

القيمة الحرارية : وهي كمية الحرارة التي تطلقها وحدة كتلة من الوقود أو مادة الطعام عند احتراقها التام وتقاس بالجول / كغم.

القيمة الحرارية لكل حجم تقاس جول/م٣.

٣,١,٥ تدفّق الحرارة

تميل الطاقة الحرارية للتوزيع المنتظم حتى تصل الى حالة من التوزيع المنـظم في الحقل الحراري. حيث تتدفق من المناطق ذات الدرجات العالية الحرارة الى المناطق الأقل حرارة باحدى الطرق التالية أو بجميعها :

التوصـــل conduction

الحمـــل convection

الاشعـــاع radiation

إن القوة المحركة لتدفّق الحرارة باحدى الطرق السابقة هي الفرق في درجات الحرارة بين المنطقتين أو المساحتين. وكلما زاد الاختلاف في درجات الحرارة زاد معدل تدفق الحرارة.

الخطوط العريضة للمبادىء الفيزيائية والكميات التي لها علاقة سوف تناقش في الفقرات التالية، وكذلك طرق الحسابات لتدفّق الحرارة ستذكر في فصل ٢ و٣.

٣,١,٦ معدل تدفق الطاقة القـدرة : هي امكـانية القيام بعمل معين في وحدة الزمن : وتقاس بالجول لكل ثانية (J/S) ، وتسمى باسم خاص : واط (watt) .

اذا عمل عملا ما في وحدة الزمن، او استنفذت وحدة طاقة في وحدة زمن ، فاننا نحصل على وحدة قدرة . وهكذا اذا فكرنا بالقدرة على أنها معدل الطاقة المستنفذة، فيمكن أن تنظر اليها على أنها الوحدة نفسها التي يمكن استخدامها لقياس معدل تدفق الطاقة . وهذا التدفق للطاقة يمكن أن يكون تدفقا للحرارة خلال الحائط أو الحرارة المزالة من وحدات التبريد أو الحرارة المشعة الصادرة من مشعٍّ كهربائي أو الحرارة الكهربائية المتدفقة من مصباح كهربائي أو الطاقة الصوتية الصادرة عن جهاز مكبر صوت أو الطاقة الدوارة الناتجة من محرك كهربائي أو محرك سيارة . وفي جميع هذه الحالات فان الطاقة تتدفق أو تستنفذ، ويكون معدل التدفق الذي نقيسه هو الواط .

الواط له المقياس الفيزيائي نفسه كالوحدات الحرارية البريطانية (BTU/h) أو الكيلوكـالـوري / ساعـة (Kcal/h) أو الأرج / ثانية (erg/s) أو حصـان ((horsepower (hp)) . يمكن استخـدام المعـاملات التالية لتحويل المعطيات المستخدمة قديما :

1 hp (British ) = 745.7 W

1 hp (metric) = 735.5 W

1 Btu/h = 0.293 W

1 Kcal/h = 1.163 W

1 erg/s = $10^{-7}$ W

1 ton of refrigeration = 3516 W

إن الأمـر المشترك بين هذه الوحدات جميعا هي وحدات الطاقة لكل وحدة زمن والتي يمكن أن تكون ثانية أو ساعة أو يوما كما في الوقت السابق . (واحد طن من التبريد هو القدرة المبردة لواحد طن (الطن الأمريكي ٢٠٠٠ رطل) من الثلج لتذاب في زمن مقداره ٢٤ ساعة) . وبما أنّ الرطل من الثلج يحتـاج الى ١٤٤ وحـدة حرارية بريطانية (BTU) ليتحول الى ماء في درجات الحرارة نفسها .

$$\text{١ طن تبريد} = \frac{٢٠٠٠ \times ١٤٤}{٢٤} = \text{١٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية}$$

$$= ١٢٠٠٠ \times ٠,٢٩٣ = \text{٣٥١٦ واط}$$

سوف تستخدم الكيلواط (KW) في معظم التطبيقات العملية كيلواط واحد = ١٠٠٠ واط.

٣,١,٧ كثافة معدل تدفق الحرارة

وتستخدم وحدة الواط او الكيلواط عند قياس المعدل الكلي لتدفق الحرارة من وحدة معرفة (مثل الفقدان الحراري من بناية أو وناتج خرج غلاية، أو الاشعاع من نافذة مضيئة، أو الحرارة المزالة بواسطة وحدة تبريد).

وفي حالات كثيرة، لا توجد مساحة معرفة يمكن بها تقدير التدفق الحراري مثال: الاشعاع الشمسي أو التدفق الحراري من حائط غير محدد المقاس. في مثل هذه الحالات يمكن قياس معدل تدفق الحرارة بالنظر لوحدة المساحة: أي كثافة معدل التدفق الحراري (لكل قرين: الكثافة السكانية: الوحدات لكل وحدة مساحة). وحدة القياس هو الواط لكل متر مربع: $W/m^2$). استخدمت كلمة الشدة مرادفة للكثافة، لذا فان شدة الصوت أو شدة الاشعاع الشمسي تقاس بالواط لكل متر مربع ($W/m^2$).

٣,١,٨ التوصيلية

التوصيل عبر الجسم عن طريق الاتصال المباشر. ان انتشار حركة الجزيئات تؤدي الى تدفق الحرارة. ويختلف معدل انتشار حركة الجزيئات باختلاف المواد. وتوصف به المادة من حيث توصيلها للحرارة (او قيمة K). وتقاس بمعدل تدفق الحرارة (تدفق الطاقة في وحدة الزمن) في وحدة المساحة من وحدة السماكة للمادة، عندما يكون الفرق بين سطحي المادة وحدة درجة حرارة. فتكون وحدة القياس عندئذ واط. م/م$^2$ درجة م، ($W\ m/m^2\ deg\ C$) وهذا يمكن تبسيطه فتصبح واط/ م درجة مئوية ($W/m\ deg\ C$).

وتتراوح هذه القيمة ما بين ٠,٠٣ واط/ م درجة مئوية للمواد العازلة، والى حوالي ٤٠٠ واط/ م درجة مئوية للمعادن، وكلما قلت التوصيلية كانت عازلة بشكل أفضل للحرارة (الممانعة الحرارية) التي هي معكوس هذه القيمة ($1/K$) وتقاس بوحدة م درجة مئوية / واط ($m\,deg\,C/W$). المواد العازلة الجيدة لها قيم عالية للممانعة. يمكن الرجوع الى الملحق رقم ٥,١ لقيم التوصيلية والممانعة لمواد مختلفة.

٣,١,٩ علاقة الكثافة

يجب ملاحظة أن الكثافة غالباً من تؤخذ على أنها مؤشر للتوصيلية: فالمواد ذات الكثافة العالية لها توصيلية او قيمة (K) عالية، ولكن لا توجد علاقة مباشرة ولا علاقة سببية بين الكميتين. فسبب العلاقة الظاهرية أن قيمة توصيلية الهواء قليلة، ولما كانت المواد الخفيفة مسامية في الغالب، فهي تحوي كمية هواء أكبر، وتكون توصيليتها صغيرة. وهنالك، على كل حال، استثناءات كثيرة وعلى سبيل المثال:

| المادة | الكثافة كغم/ م٣ | التوصيلية واط/م٢/درجة م |
|---|---|---|
| مطاط ممدد Expanded ebouite | ٦٤ | ٠,٠٢٩ |
| صوف زجاجي Glass wool mat | ٢٤ | ٠,٠٤٢ |
| خرسانة الخبث المعدني الرغوية | ١٢٨٠ | ٠,٣٣٨ |
| خرسانة صلصالية ممددة Expanded Clay Concrete | ١٢٠٠ | ٠,٤٦٠ |
| فولاذ Steel | ٧٨٠٠ | ٥٨ |
| المينوم Aluminium | ٢٧٠٠ | ٢٢٠ |

ففي كل زوجين من المواد السابقة تكون المادة الثانية أخف من الأولى ولكنها ذات قيمة توصيلية أعلى. والعلاقة السابقة (زيادة الكثافة مؤشر على زيادة التوصيلية) صحيحة بالنسبة للمواد التي هي من النوع نفسه، ولكن بكثافات مختلفة، أو للمادة نفسها بكثافات مختلفة، نتيجة للاختلاف في محتوى الرطوبة.

توصيلية الماء ٠,٥٨٠ واط / م درجة م
توصيلية الهواء ٠,٠٢٦ واط / م درجة م

ولذلك، اذا كان الهواء الموجود في فراغات المادة قد استبدل بماء، فان توصيلية المادة تزداد بشكل كبير. وقد أجريت عدة اختبارات على بلاطة عازلة من الاسبستوس وكانت نتائجها كما يلي:

| الـــــــوصــف | الكثافة كغم/ م٣ | التوصيلة واط/ م درجة م |
|---|---|---|
| جـــــــاف | ١٣٦ | ٠,٠٥١ |
| مبلـــــــول | ٢٧٢ | ٠,١٤٤ |
| منقـــــــوع | ٤٠٠ | ٠,٢٠٣ |

وكلما كانت المادة ذات مسامات اكبر ازدادت التوصيلية بازدياد محتوى الرطوبة.

٣,١,١٠ المانعة ولما كانت التوصيلية (Conductivity) والمانعة (Resistivity) هي أهم خواص المادة، فان الخواص المناظرة لجسم معين ذى سماكة معلومة توصف بالمواصلة (Conductance, C) أو معكوس المقاومة (Resistance, R) .

$$C = \frac{1}{R}$$

وتعرف المواصلة بأنها معدل تدفق الحرارة في وحدة المساحة من الجسم (اي كثافة معدل تدفق الحرارة) عندما يكون الاختلاف في درجات الحرارة بين سطحي المادة بمقدار درجة مئوية واحدة. ووحدتها واط / م٢ درجةم ($W/m^2$ deg c) . بينما تقاس المقاومة م ٢ درجة م ($m^2$ deg C/W) .

إن مقاومة جسم ما، هي ناتج السماكة والمانعة المادية:

$$R = b \times \frac{1}{K} = \frac{b}{K}$$

حيث b هي السماكة بالمتر (وحدتها م٢ درجة م / واط (m2deg C/W) .

٣,١,١١ الجسم متعدد الطبقات اذا كان الجسم مكوناً من عدة طبقات من مواد مختلفة، فان مقاومتها تعادل مجموع مقاومات كل طبقة على حدة. فتكون المواصلة لهذا الجسم متعدد الطبقات($b_c$) . بمقدار معكوس المقاومة في الطبقات كافة . $\frac{1}{R_b}$

$$= \Sigma \frac{b}{K}$$

$$R_b = R_1 + R_2 + R_3.....$$

$$= \frac{b_1}{K_1} + \frac{b_2}{K_2} + \frac{b_3}{K_3}$$

b

$$C = \frac{1}{R} = \frac{1}{\Sigma b/k}$$

٣,١,١٢ المواصلة السطحية

ويجب ملاحظة أن المواصلة النهائية لا تكون المجموع لمواصلة المواد المختلفة ولكن المقاومة فقط هي التي تجمع.

إضافة للمقاومة الناتجة من الجسم نظراً لتدفق الحرارة، فان أسطح الأجسام تبدي نوعاً من المقاومة ايضاً، حيث توجد طبقة رقيقة من الهواء تحجز الجسم عن الهواء المحيط به وهي تقاس بالمقاومة السطحية او المقاومة الفلمية (Surface or film resistance) وهي تعني أو تدل:

حيث : (f) هي المواصلة السطحية او الفلمية $W/m^2$ deg C) ان المواصلة السطحية تحتوي ايضا على مركبات الحمل والإشعاع في تبادل الحرارة بين الأسطح.

لقد تم في الفقرات السابقة مناقشة تدفق الحرارة من سطح في الجسم الى سطح آخر (وهكذا أخذ الفرق في درجات الحرارة بين سطحين). وقد عرفت المواصلة بهذه المصطلحات. اما اذا روعي تدفق الحرارة من الهواء خلال الجسم ثم الى الهواء في الجهة الأخرى، فان مقاومة السطحين يجب أخذها في الاعتبار.

المقاومة الكلية من الهواء الى الهواء (R)
(air to—air resistance)

تساوي مجموع مقاومة الجسم ومقاومات الأسطح

$$R_a = \frac{1}{f_i} + R_b + \frac{1}{f_o}$$

حيث :

$1/f_1$ المقاومة الداخلية للسطح

Rb مقاومة الجسم

1/fo المقاومة الخارجية للسطح

وتقاس جميع قيم المقاومة على هذا النحو : م ٢ درجة م / واط . $m^2$ deg C/W

إنّ مقدار المواصلة السطحية أو الفلمية (f) يتعلق بنوعية الأسطح وسرعة الهواء المار بالسطح. ان القيم الصالحة للمناخات المعتدلة، وفي ظروف الشتاء موضحة في ملحق ٢ ,٥، أما القيم الموضحة في الملحق ٣ ,٥ فهي صالحة للاستعمال في المناخات الدافئة.

٣,١, /١٣ المنافذة أو معامل الانفاذية

ان معكوس مقاومة الهواء ـ الهواء هي منافذه الهواء الى الهواء (air-to-air transmittance) أو القيمة (U) $= \frac{1}{R_a}$

وهي تقاس وحدات المواصلة نفسها واط / م٢درجة م (W/m$^2$ deg C) والتغير الوحيد هنا أن الاختلاف في درجة الحرارة (وليس الاختلاف في درجات حرارة الأسطح) سوف يؤخذ في الحسبان.

هذه القيمة غالبا ما تؤخذ في معضلات الكسب والفقد الحراري للمبنى نظرا لأن استخدامها قد بسط الحسابات كثيراً. قيم (U) المستخدمة في الانشاءات موضحة في ملحق ٤ , ٥، ولكن اذا كانت قيمة (U) لمنشأ معين غير محددة في الجداول، فان حسابها ممكن من معاملات مكوناتها [٤٠]. انظر ايضا ١٢ , ٢ , ٣.

٣,١,١٤ الفراغات

اذا احتوى جسم ما على فراغات هوائية تسمح بانتقال الحرارة خلالها، فان ذلك يضيف حاجزاً آخر في ممر الحرارة. ويقاس بمقاومة التّجويف [Cavity resistance ($R_c$)] التي يمكن ان تضاف الى المقاومات الاخرى الموصوفة في الفقرات السابقة. وفي الغالب، فان قيمة (dc) فراغ ماء، يمكن أن تساوي مجموع المقاومة السطحية الداخلية والخارجية (0.176 m$^2$ deg C/w) ولكنها في العادة تكون أقل ولا سيما اذا كان الفراغ أقل سماكة من ٥٠ مم، او اذا كانت الظروف مناسبة لحدوث تيار حمل في الفراغ. ويمكن لهذه القيمة أن تتحسن بشكل ملحوظ اذا علقت رقيقة من الالمنيوم في الفراغ بحرية، سوف توضح وظيفة هذه الرقيقة عندما نناقش تأثير الاشعاع.

ملاحظة : قيم مقاومة الفراغ (ومعكسوها، موصيلية الفراغ) موضحة الملحق ٥ , ٥.

٣,١,١٥ انتقال الحرارة بالحمل

تنتقل الحرارة بالحمل (Convection) من حركة الجسم بفضل وسيط حامل، وعادة ما يكون غازاً أو سائلاً ويمكن ان تكون هذه الحركة ذاتية (نتيجة للقوى الحرارية فقط، او الاختلاف في درجات الحرارة، فانها تؤدي الى اختلاف الكثافة، وتؤدي الى تيار حمل، مثل ما يحدث في حركة الرياح) أو دفعاً ناتجا عن استحدام قوة.

ان معدل انتقال الحرارة بالحمل يعتمد على ثلاثة عوامل :

١ . اختلاف درجة الحرارة (الاختلاف في درجات حرارة الوسيط بين النقط الحارة والباردة) .

٢ . معدل حركة الوسط الناقل وتقاس بالكغم / ث او م$^{٣}$/ث .

٣ . الحرارة النوعية للوسيط الناقل ويقاس بالجول/ كغم درجة م او جول/م$^{٣}$ درجة م (J/kg deg C or J/m$^3$ deg C) ) وسوف تستخدم هذه القيم عند حساب الحرارة المفقودة بالتهوية او في حسابات التبريد . (الحرارة المنقولة بالنقل من جسم خلال وسيط ، الى جسم آخر يعبر عنها بمعادلة اخرى اكثر تعقيداً ، ليست ضرورية لأهدافنا) .

٣,١,١٦ الاشعاع

تنتقل الحرارة بالاشعاع ويعتمد معدل تدفق الحرارة على درجة حرارة الاسطح المطلقة او المصدرة والمستقبلة وعلى خواص معينة لهذه الأسطح : الاصدار او القدرة المنبعثة من وحدة السطح (emittance) وخاصية الامتصاص (absorbance) . ان الاشعاع المستقبل من سطح ما ، يمكن أن يمتص جزء منه وينعكس جزء آخر : ويعبر عن النسبة بين هذين المركبين بمعامل الامتصاص (a)

(absorption coefficient) ومعامل الانعكاس (r)

(reflectance) ويكون مجموع هذين المعاملين دائما واحداً : $a + r = 1$

اما معاملات الانعكاس للأسطح ذات الألوان الفاتحة ، والملساء واللامعة عالية . وتكون للسطح النظري الأبيض عامل الانعكاس هو ١ ويكون معامل الامتصاص حينئذ صفرا (صفر = a و ١ = r) .

ويكون معامل الانعكاس للسطح النظري الاسود يساوي واحدا ١ = a و صفر = r .

ويبين الملحق ٦ , ٥ بعض قيم معامل الانعكاس لبعض أسطح المباني .

ويكون معامل الانبعاث او معامل الاصدار (emit-tance coefficient (e) ويعبر عن كمية الحرارة التي سوف يصدرها (بعلاقته مع الجسم الأسود والنظري حيث ١ = e) جسم أو سطح معين . وتساوي قيمته نفس قيمة معامل الامتصاص a = e لنفس اطوال موجات الاشعاع ولكنها ربما

تختلف باختلاف اطوال الموجات. ويعتمد طول موجة الاشعاع المنبعث على درجة حرارة السطح المصدر او الباعث. وترسل الشمس التي تتراوح درجة حرارة سطحها حوالي ٦٠٠٠°م موجات الاشعة القصيرة تحت الحمراء (وموجات أقصر، فوق البنفسجية) ولكن الأجسام ذات درجات الحرارة الأرضية. (صفر - ٥٠°م) تصدر موجات الأشعة تحت الحمراء في موجات طويلة. ولذلك فان امتصاص الأجسام لأشعة الشمس لن يكون واحدا في الحالتين.

| المـــادة | معامل امتصاص الأشعة الشمسية<br>a | معامل اصدار<br>e |
|---|---|---|
| أسطح مدهونة | ١ ,٠ - ٣ ,٠ | ٨ ,٠ - ٩ ,٠ |
| معادن لامعة | ١ ,٠ - ٣ ,٠ | ٠٥ ,٠ - ٢ ,٠ |

القيمة العملية لهذا هي اذا وُجِدَ سطحان وتعرضا لأشعة الشمس، فان كلا منهما سوف يعكس ويمتص كمية الحرارة نفسها، ولكن السطح المدهون باللون الأبيض سوف يعكس كمية حرارة أكبر من الحرارة الممتصة، بينما السطح المعدني اللامع سوف لا يصدر شيئا منها. ولذلك فان درجة حرارة الأخير سوف تكون أعلى.

تستخدم الصفائح المعدنية اللامعة، بنجاح للعزل في الأماكن التي يكون انتقال الحرارة فيها بالاشعاع. ان الصفائح المعدنية السائبة أو غير المثبتة في الفراغات تعكس كمية كبيرة من الحرارة المشعة الساقطة، واذا ما امتصت جزءاً من الحرارة فانها سوف تعكسها مرة ثانية.

**١٣,١,١٧ قياس الاشعاع**

يمكن ان تقاس الطاقة الاشعاعية على سطح مستوى بواسطة بعض الأجهزة وتوصف شدتها بالواط /م٢ ($W/m^2$) (انظر ١ و٢ و١٠). اما في حالة توافر عدد من المصادر فانه سيحدث نمط انعكاس معقد، ويصعب تحديد هذا الوضع باستخدام هذه الحدود أو القيم. ان مثل هذا الوضع يمكن أن يحدد باستخدام معدل درجة حرارة الاشعاع (mean radiant temperature) أو قراءة درجة حرارة الميزان الكروي (MRT) (انظر ٢, ٣, ٢).

٣.١.١٨ درجة حرارة الهواء الشمس sol-air Temperature

وعند الرغبة في تصميم المبنى يفضل جمع أثر الحرارة المشعة الساقطة في المباني مع اثر الهواء الساخن، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام فكرة درجة حرارة الهواء ـ الشمس وهي قيمة درجة الحرارة التي تحقق التأثير الحراري نفسه كالأشعة الساقطة المختبرة، وهذه القيمة تضاف الى درجة حرارة الهواء.

$$T_s = T_o + \frac{I \times a}{f_o}$$

حيث :

$T_s$ : درجة حرارة الهواء ـ الاشعاع، °م

$T_o$ : درجة حرارة الهواء الخارجي، °م

$I$ : شدة الاشعاع، واط/ م٢

$a$ : امتصاصية السطح

$f_o$ : موصلية السطح الخارجي، واط/ م٢درجة م.

وقد وضحت فكرة الموصيلية في الجزء ٣,١,١٢. وعلى كل حال يجب ملاحظة أن الانخفاض في مقدار ($f_o$) يساعد في تقليل الفقد الحراري، وذلك في المناخ البارد أما في المناخ الدافىء (في الظروف التي يحدث فيها كسب حراري من الشمس) فان ارتفاع قيمة الموصليّة السطحيّة (fo) يؤدي الى تقليل الفترات الشمسية الحارة. والسبب هو أن الأشعة الساقطة تزيد من درجة الحرارة السطحية فوق درجة حرارة الهواء، لذلك فان جزءاً من الحرارة سيتشتت في الهواء الخارجي فوراً. وكلما زادت قيمة الموصليّة السطحية ($f_o$) زادت كمية الحرارة المبددة قبل أن تهرب بعيداً بواسطة التوصيل عن طريق مادة الحائط.

٣.١.١٩ معامل الكسب الشمسي

قد يكون من المفيد ان نأخذ في الحسبان مدى التأثير المشترك لانعكاسات الأسطح والعزل الحراري، وذلك لغرض تقليل الكسب الحراري الشمسي. فان سطحاً اسوداً ماصاً مع عزله جيد، يمكن أن يكون مؤثراً في سطح له عاكسية أكبر (من السطح الأول) ولكن عزل أقل. (جسم ذو عزل جيد واسطح لها معامل انعكاس عال بالطبع أفضل من الجسمين السابقين.)

من معادلة درجة حرارة الهواء ـ الشمس فان درجة الحرارة تساوي الكسب الحراري (مقدار الزيادة في درجة حرارة الهواء ـ الشمس) وهي :

$$T_s - T_o = \frac{I \times a}{f_o}$$

لذلك فان معدل تدفق الحرارة الاضافي (q) لكل وحدة مساحة (يسببها الاشعاع) هو:

$$q = \frac{I \times a}{fo} \times U \quad (\text{ in } W/m^2)$$

من هذه المعادلة فان معامل الكسب الحراري هو:

$$\frac{q}{I} = \frac{a \times U}{fo} \quad \left(\frac{w/m^2}{w/m^2}\right)$$ بدون وحدة

ويعرف معامل الكسب الحراري أنه معدل تدفّق الحرارة خلال المبنى يسبب الاشعـاع الشمسي كجزء من أشعة الشمس الساقطة. وبما أن هذا المقـدار يمكن أن ينسب الى زيادة في درجـة حرارة السـطح الداخلية، فان متـطلب الأداء يمكن أن يقـام على أساس عملي، وذلك باستخدام معامل الكسب الشمسي.

ويجب الا يزيد مقـدار هذا المعـامل عن ٠,٠٤ في المناخات الدافئة الـرطبة او ٠,٠٣ في الفصل الحار الجاف في المناخات المركبة، عندما تقلّل التهوية. ومن المعقول افتراض مقدار ثابت لموصيلية السطح الخارجي مثل

وهكذا يمكن تأسيس قِيَماً بهدف إيجاد a x U

| **وصف المناخ** | **معامل الكسب الشمسي** Solar gain factor | a x U |
|---|---|---|
| مناخ دافىء رطب | ٠,٠٤ | ٠,٨ |
| الفصل الحار الجاف (مناخ مركب) | ٠,٠٣ | ٠,٦ |

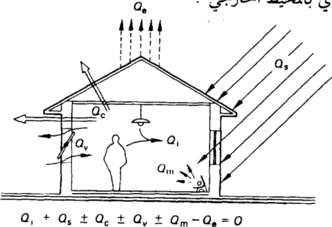
## ٣,٢ التبادل الحراري في المباني

٣,٢,١ عمليات التبادل الحراري
٣,٢,٢ التوصيلية
٣,٢,٣ الحمـــــل
٣,٢,٤ الاشعاع خلال النوافذ
٣,٢,٥ الكسب الحراري الداخلي
٣,٢,٦ التدفئة والتبريد
٣,٢,٧ التبخيـــــر
٣,٢,٨ حساب الفقد الحراري
٣,٢,٩ حساب الكسب الحراري
٣,٢,١٠ التبريد بواسطة الهواء
٣,٢,١١ التدفئة بواسطة الهواء
٣,٢,١٢ النفاذية خلال الحوائط المركبة
٣,٢,١٣ التدرج الحراري
٣,٢,١٤ التكثيـــــف
٣,٢,١٥ التصميم الحراري

---

٣,٢,١ عمليات التبادل الحراري

لقد تم اعتبار جسم الانسان على أنه وحدة معرفة (الفصل ١, ٢ ، وخصوصا ٤, ١, ٢) وحللت عمليات التبادل الحراري بالمحيط. ويمكن كذلك اعتبار المبنى، بطريقة مماثلة، على أنه وحدة معرفة ويمكن اختبار عمليات التبادل الحراري بالمحيط الخارجي :




الشكل (٣٩): التبادل الحراري في المباني

أ ) يمكن ان يتم نقل الحرارة بواسطة التوصيل (conduction) خلال الحوائط الى الداخل او الى الخارج، ويعتمد معدل ذلك على عامل يطلق عليه ( $Q_c$ ) (عوامل الحمل والتوصيل في نفاذية الحرارة نفسها على السطح ستَرِد عند الحديث عن النفاذية).

ب ) وقد عبر في السابق عن تأثير الاشعاع الشمسي على الاسطح المائلة باستخدام مفهوم درجة حرارة الهواء - الشمس، ولكن خلال نفاذية الاسطح (الشبابيك) يجب استخدام مفهوم الكسب الحراري الشمسي منفصلا. ويمكن ان يعبر عنه بـ ( $Q_s$ ).

جـ) قد يحدث التبادل الحراري في الاتجاهين (الى الداخل والى الخارج) بفضل حركة الرياح (اي التهوية)، وسوف يعبر عن معنى ذلك بـ ( $Q_v$ ).

د ) يمكن أن يحدث كسب حراري داخلي نتيجة للحراة الناجمة عن أجسام المخلوقات وحدات الإنارة، والمحركات وتطبيقاتها. ويمكن أن يعبر عنه بـ ( $Q_i$ ).

هـ ) ويمكن أن يكون هنالك ادخال او اخراج حراري مقصود (بالتدفئة او التبريد) وذلك باستخدام احدى طرق توريد الطاقة الخارجية. يعبر عن تدفق الطاقة من أجهزة التحكم الميكانيكي بواسطة ( $Q_m$ ).

و ) وأخيراً اذا حدث تبخير على أسطح المبنى (مثل نافورة السطح) أو ضمن المبني (عرق الانسان أو من نافورة) وازيل التبخر، فان هذا سوف ينتج تأثيراً بارداً، وسوف يعبر عن معدل ذلك بـ ( $Q_e$ ).

ويكون الميزان الحراري : أي أن الظرف الحراري الحالي سوف يبقى اذا كانت:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

اذا كان ناتج جمع هذه المعادلة أقل من صفر (سالبا) فان المبنى يبرد واذا كان أكبر من صفر فان درجة الحرارة في المبنى سترتفع.

وسنناقش هذه العوامل في الفقرات التالية:

٣,٢,٢ التوصيلية

يعبر عن معدل تدفق الحرارة بالتوصيل خلال حائط ذى مساحة معلومة المعادلة التالية

$$Q_v = 1\,300 \times V \times \Delta T$$

حيث : $Q_c$ = معدل تدفق الحرارة بالتوصيل، بالواط
A = مساحة السطح، م٢
U = قيمة معامل النفاذية واط/م (W/m² deg C)
T⟨ = الفرق في درجات الحرارة.

اما لكامل المبنى، حيث تتدخل عناصر مختلفة وقد تكون درجة الحرارة مختلفة من جهة الى أخرى، فان المعادلة السابقة تحل لكل عنصر ثم تضاف بعد ذلك النتائج.

اذا اعتبر الفقد الحراري في المبنى فان:

$$\Delta T = T_i - T_o$$

واذا حسب الكسب الحراري، لمبنى مكيف هوائيا على سبيل المثال فان:

$$\Delta T = T_o - T_i$$

واذا تعرض أحد الأسطح الى الاشعاع في الحالة الأخيرة فان:

$$\Delta T = T_s - T_i$$

حيث $T_i$ : درجة الحرارة الداخلية.

٣,٢,٣ الحمل (انتقالية الحرارة بالحمل)

يعتمد معدل تدفق الحرارة بالحمل من داخل المبنى الى الهواء على معدل التهـوية: أي تغيير الهـواء. ويمكن أن يكون تسرب الهواء تلقائيا أو تهوية مقصـودة. وتعطي معدل التهوية بالمتر المكعب/ ثانية وتوصف معدل تدفق الحرارة بمعدل التهوية بالمعادلة

حيث $Q^v$ = معدل تدفق الحرارة بواسطة التهوية، واط

$$Q_v = 1300 \times V \times \Delta T$$

الهواء ١٣٠٠ = الحرارة النوعية الحجمية جول/ م٣/ درجة م (J/m³ deg C)

V = معدل التهوية، م٣/ث
T = الفرق في درجات الحرارة، درجة م (deg C)

اذا كان عدد مرات تغير الهواء في الساعة (N) معروفا، فان معدل التهوية يمكن إيجاده على النحو التالي :

$$V = \frac{N \times room\ volume}{3600}$$

V = معدل التهوية

3600 : عدد الثواني في الساعة.

٣,٢,٤ الاشعاع خلال النوافذ

اذا عرفت شدة الاشعة الشمسية (I) الساقطة على مستوى النافذة، وهذا في حد ذاته يدل على قيمة كثافة معدل تدفق الطاقة (واط/ م٢)، تضرب هذه القيمة بمساحة الفتحة (م٢) لنصل الى معدل تدفق الحرارة بالواط.

وهذا هو معدل تدفق الحرارة خلال فتحة غير مزججة. واما النافذة المزججة فان هذه القيمة سوف تقلل فيها، وذلك بسبب الكسب الشمسي (Θ)، الذي يعتمد على نوعية الزجاج وعلى زاوية السقوط. ويبين الشكل (٥٥) بعضا من قيم (انظر ايضا ٩,٢,٤).

ويمكن وضع معادلة تدفق الحرارة الشمسية كمايلي :

$$Q_s = A \times I \times \Theta$$

حيث A = مساحة النافذة، م٢

I = كثافة تدفق حرارة الاشعاع بالواط / م٢

Θ = معامل الكسب الشمسي لزجاج النافذة

٣,٢,٥ الكسب الحراري الداخلي

الحرارة الناتجة من أجسام المخلوقات قد أعطيت في الفصل ٢,١,٢. ان الحرارة الخارجة من الجسم (داخل المبنى) تعدُّ حرارة مكتسبة للمبنى. ولذلك يجب ان يختار معدل الحرارة الناتجة، المناسبة للنشاط المستخدم من أجله المبنى، ويضرب في عدد المستخدمين، وستكون النتيجة - بالواط - جزءاً مهماً من قيمة $Q_i$.

وكذلك فان مجموع معدل الطاقة الخارجة من وحدات الاضاءة الكهربائية يمكن ان يؤخذ ككسب حراري داخلي. ويشع القسم الاكبر من هذه الطاقة على شكل حرارة (٩٥٪ من وحدات الاضاءة المتوهجة و٧٩٪ من وحدات الاضاءة الفلورسنت) وحتى القسم الذي يشع كضوء، فانه يتحول الى حرارة عندما يسقط على الأسطح. وتكون النتيجة ان مجموع خرج وحدات الاضاءة جميعا، بالواط، في المبنى (عندما تكون مستخدمة او مضاءة) يجب ان يضاف الى قيمة $Q_i$.

واذا استخدم جهاز كهربائي ، وكانت الالة التي يشغلها الجهاز موجودة في الفراغ نفسه فان مجموع خرج المحرك بالواط يجب ان يحسب في $Q_i$ . (واذا علم قدرة حصانية المحرك (horsepower (hp)) فان خرجه بالواط يمكن إيجاده :

$$W = 746\ hp$$

اذا كان المحرك فقط في داخل الفراغ المعتبر، وكانت كفاءته هي E فان W x E القدرة المستخدمة تستخدم في أماكن اخرى، ولكن W (1 – E) تدفق الطاقة سوف تضاف الى قيمة $Q_i$ .

٣,٢,٦ التدفئة والتبريد — التـدفئـة والتـبريد : (التحكم الالي) سوف يناقش بتفاصيل اكثر في الفصـل ١ , ٤ . ويعتمـد معـدل تدفق الحرارة في مثل هذه الأنظمة على نية المصمم ويمكن التحكم بهذا المعدل ولذلك يمكن أن تؤخذ كمتغير مستقل في المعادلة : اي انه يمكن تعديلها بما يتناسب مع العوامل الاخرى.

٣,٢,٧ التبخير — يمكن أن يحسب معدل التبريد بالتبخير اذا كان معدل التبخير نفسه معروفا. واذا عبر عن معدل التبخير بالكغم/ س ، فان معدل فقدان الحرارة المناظرة يمكن إيجاده كما يلي:

$$Q_e = 666 \times Kg / h$$

وحيث أن الحرارة الكامنة لتبخير الماء حول درجة حرارة ٢٠°م تساوي تقريبا ٢٤٠٠ كيلو جول/ كغم فان هذا يعطي : (2400, kJ/kg)

$$2400,000\ J/h = \frac{2400,000}{3600}\ J/s = 666\ W$$

ويعتبر تقدير معدل التبخير مسألة صعبة ، وانه نادرا ما يحسب بدقة (الا تحت ظروف تحكم الي)، لانه يعتمد على متغيرات عديدة مثل : وجود الماء، رطوبة الهواء درجة حرارة الماء نفسه ودرجة حرارة الهواء وسرعة حركة الهواء. يمكن قياس معدل التبخير مباشرة، مثل : قياس نقصان كمية الماء في وعاء مفتوح، او يمكن تقديرها بمعرفة عدد الافراد في الغرفة، ونشاطهم، وبالتالي معدل ما يفرزونه من عرق (قيمة تتراوح ما بين ٢٠غم/ س و٢ كغم/س).

وعادة اما ان تهمل مقدار الفقد الحراري بواسطة التبخير في الحسابات

(ما عدا في حالة التمديدات الالية)، او ان ينظر اليها من حيث النوعية فقط: وينتفع بالتبريد بواسطة التبخير في تقليل درجة حرارة الهواء «اقصى استفادة ممكنة».

٣,٢,٨ حساب الفقد الحراري

ان الهدف من حساب الفقد الحراري هو المساعدة في تصميم التمديدات الحرارية، حسب معدل الفقد الحراري المكيف الذي يعتبر الابرد في ٩٠٪ من الوقت وعندئذ تصميم التمديدات الحرارية لتعطي حرارة بالمعدل نفسه.

وتحت ظروف اخف وطأة، فان التمديدات يمكن ان تخفض فعاليتها. والظروف الاشد برودة في ١٠٪ من الوقت الباقي، عادة ما تحدث في فترات صغيرة ويمكن التغلب عليها بالمقارنة الذاتية للمبنى (انظر فصل ٣,٣) وبواسطة التحميل الزائد للتمديدات. وتؤخذ درجة الحرارة الخارجية ($T_o$) عادة ـ١° م او صفر مْ.

ويمكن توضيح طريقة الحسابات بالمثال المبسط التالي:
مكتب مساحته ٥ × ٥ م٢ وارتفاعه ٢,٥م موجود في دور متوسط من بناية كبيرة، ولذلك فان له حائطا واحدا معرضا للجهة الجنوبية، وتجاور بقية الحوائط غرفا اخرى لها درجة حرارة ثابتة $T_i = 20\ ^oC$

معدل التهوية هو ٣ تغيرات للهواء لكل ساعة، ويوجد ثلاث وحدات اضاءة قدرتها ١٠٠ واط منيرة باستمرار لاضاءة الجزء الخلفي من الغرفة، المستخدم لأربعة من الأشخاص يعملون في المكتب.

الحائط الخارجي الذي مقاسه ٥×٢,٥ م٢ يتكون من نافذة مفردة الزجاج مقاسها ١,٥ × ٥ = ٧,٥ م٢

وباقي هذا الحائط مكون من خرسانة قاسية (سماكته ٢٠٠مم)، مقصورة ومدهونة مقاسه ١ × ٥م٢ قيمة U للحائط
U = ١,٣٥ واط م٢ درجة م
$U = 1.35\ W/m^2\ deg\ C$

الحـــل:

الاختلاف في درجات الحرارة ⟨ = ٢٠° ـ (ـ ١°م) = ٢١ درجة مئوية

$Q_c$ = ٢١ × (١,٣٥ × ٥ + ٤,٤٨ × ٧,٥) =

= ٢١ (٦,٧٥ + ٣٣,٦٠) = ٢١ × ٤٠,٣٥

= ٨٤٧ واط

---

حجم الغرفة

٥ × ٥ × ٢,٥ = ٦٢,٥ م٣

لذلك تكون معدل التهوية

$$\frac{٦٢,٥ \times ٣}{٣٦٠٠} = \frac{١٨٧,٥}{٣٦٠٠} = ٠,٠٥٢ \text{ م}^٣/\text{ث}$$

$Q_v$ = ١٣٠٠ × ٠,٠٥٢ × ٢١ = ١٤٢٠ واط

وتنتج وحدات الاضاءة الثلاثة والأشخاص الأربعة :

$Q_i$ = ٣ × ١٠٠ + ٤ × ١٤٠

= ٣٠٠ + ٥٦٠ = ٨٦٠ واط

وبما ان الاشعاع الشمسي غير معتبر وكذلك الفقد بالتبخير (انظر فصل ٣,٢,١) فان معادلة الاتزان الحراري تكون :

$$Q_i - Q_c - Q_v + Q_m = 0$$

وبالتعويض في المعادلة

٨٦٠ - ٨٤٧ - ١٤٢٠ + $Q_m$ = صفر

-١٤٠٧ + $Q_m$ = صفر

$Q_m$ = ١٤٠٧ واط

لذلك فان التمديدات الكهربائية يجب ان تزود المكتب بمعدل حراري متكافىء او قريبا من ذلك، اي بحوالي ١,٥ ك واط.

### ٣,٢,٩ حساب الكسب الحراري

وفي العادة، يحسب الكسب الحراري لاغراض تصميم التكييف. ومن الواضح ان هذه التمديدات يجب ان تعالج حالات الدفء في شدتها القصوى. كما ان درجة الحرارة القصوى في ٩٠٪ من الزمن تؤخذ كدرجة حرارة تصميمية خارجية، وتؤخذ شدة الاشعاع الشمسي على أرضية مماثلة. وسوف يؤخذ المثال السابق ما عدا:

وشدة الأشعة الساقطة $I$ = ٥٨٠ واط/ م٢
معامل امتصاصية سطح الحائط $a$ = ٠,٤
معامل توصيلية السطح $f_o$ = ١٠ واط/ م٢درجة م
معامل الكسب الحراري للنافذة $\Theta$ = ٠,٧٥

الحل :
الاختلاف في درجة الحرارة
$\triangle T$ = ٢٦ - ٢٠ = ٦ درجة م

وتستخدم هذه الفروق للتوصيل من خلال النافذة ولتدفق الحرارة بالتهوية، ولكن للسطح المسمط والمعتم فيجب ايجاد درجة حرارة الهواء - الشمس (انظر فصل ١٨ ,١ ,٣).

$T_s$ = ٢٦ + $\frac{٠,٤ \times ٥٨٠}{١٠}$ = ٢٦+٢٣,٢ = ٤٩,٢م°

لذلك فللجزء المسمط من الحائط
$\triangle T$ = ٤٩ - ٢٠°م = ٢٩ درجة م
$Q_c$ = (٧,٥ × ٤,٤٨ × ٦) + (٥ × ١,٣٥ × ٢٩)
= (٣٣,٦٠ × ٦) + (٦,٧٥ × ٢٩)
= (٢٠١,٦ + ١٩٥,٧٥ = ٣٩٧ واط
$Q_s$ = (٠,٧٥ × ٥٨٠ × ٧,٥) = ٣٢٧٠ واط
$Q_v$ = ١٣٠٠ × ٠,٠٥٢ × ٦ = ٤٠٥ واط
$Q_i$ = كالسابق ٨٦٠ واط

وبما ان الفقد بالتبخير غير مأخوذ في الاعتبار فان معادلة الاتزان الحراري تكون (انظر فصل ١ ,٢ ,٣).

$$Q_l + Q_s + Q_c + Q_r + Q_m = 0$$

وبعد تعويض المقادير السابقة :
٨٦٠ + ٣٢٧٠ + ٣٩٧ + ٤٠٥ + $Q_m$ = صفر
٤٩٣٢ + $Q_m$ = صفر
$Q_m$ = ٤٩٣٢ واط

أي أن جهاز تكييف الهواء يجب أن يكون قادرا على أن يزيل الحرارة بمعدل حوالي ٥ كيلو واط (5kW) .

٣,٢,١٠ التبريد بالهواء

اذا كان التخلص من الحرارة سيتم بهذا المعدل بواسطة دوران الهواء الفاسد، فان السؤال هو : كم يكون معدل تغير الهواء؟

ولتلافي تيار هواء بارد، فان الهواء المموّن الذي يمكن أن تكون درجة حرارته حوالي ١٦°م، يختلط مع هواء الغرفة ويحافظ على درجة حرارتها في حدود ٢٠°م. لذلك فان الاختلاف في درجة الحرارة (الهواء الراجع ناقص الهواء المموّن) يكون :

$\Delta$T = ٢٠°م - ١٦°م = ٤ درجة م

Qv = ٥٠٠٠ واط

من السابق

فتصبح المعادلة

Qv = ١٣٠٠ × V × ٤ = ٥٢٠٠

ولذلك يكون معدل الهواء المموّن ( V )

$$V = \frac{٥٠٠}{٥٢٠٠} = ٠,٩٦٢ \text{ م}^{٣}/\text{ث}$$

ولتلافي التيارات الهوائية فان سرعةالهواء الداخل يجب ان تحدد بحوالي ٢م٢/ث ويكون حجم فتحة الهواء الداخل مساويا لـ :

$$\frac{٠,٩٦٢ \text{ م}^{٣}/\text{ث}}{٢ \text{ م}/\text{ث}} = ٠,٤٨١ \text{ م}^{٢}$$

ويكون قياسها على سبيل المثال :

١ م × ٤٨١ مم

واذا امكن تقليل درجة الهواء الممون الى حوالي ١٢° م (بواسطة وحدة حث او صندوق مزج)، فان الاختلاف في درجة الحرارة يتضاعف (8 deg C) ،

ويحتمل أن يقل معدل الهواء المموّن الى النصف
V = ٠,٤٨١ م^٣/ث

وبمقارنة معدل تدفق الهواء بالمعدل اللازم للتهوية، (التموين بالهواء الطازج)، وبمعدل تغير ثلاث مرات في الساعة $(0.052\ m^3/s)$، فان عملية التبريد ستؤدي الى تدفق كمية من الهواء تفوق المطلوب من الهواء الطازج (التخلص من الهواء الفاسد والتموين بهواء جديد غني بالاكسجين).

٣,٢,١١ التدفئة بالهواء

في المثال الاول (٣,٢,٨) ان رفع معدل الحرارة المطلوبة الى ١,٥ واط يتطلب استخدام الهواء الدافىء، وبهذا تكون المشكلة مشابهة: حيث سيستخدم الهواء وسيلة نقل للحرارة.

وهنا، ثانية، فان درجة حرارة الهواء الراجع يمكن ان تؤخذ على أنها درجة حرارة الغرفة ٢٠° ولكن درجة حرارة الهواء المموّن يجب أن تكون أعلى، ذلك اذا كان لا بد من إيصال أي جزء من الحرارة الى الغرفة. وباستخدام فتحة هواء عادية ناشرة، فانه يكفي ان تكون درجة حرارة الهواء المموّن حوالي ٢٦°م مع استخدام وحدة تحريق (خالطة) بدرجة حرارة ٣٠°م. وهكذا، وباختلاف درجة حرارة مقداره ١٠ درجة م، فان معدل الهواء المموّن يجب أن يكون:

$Q_v$ = ١٣٠٠ × V × △T
١٥٠٠ = ١٣٠٠ × V × ١٠

V = ١٥٠٠ / ١٣٠٠ = ٠,١١٥ م^٣/ث

٣,٢,١٢ معامل نفاذية الحائط المركب

اذا كانت قيمة معامل نفاذية (U) الحائط المنوي انشاؤه او حساب نفاذيته غير موضح في الملحق ٤,٥، فانه يمكن اجراؤه حسب المثال التالي:

| | | |
|---|---|---|
| ١١٤ مم طوب هندسي | ١,١٥ واط/ م درجة م = | k |
| ٥٠ مم فـــــراغ | ٠,٧٦ م^٢ درجة م/واط = | $R_c$ |
| ١٠٠ مم خرسانة كثيفة | ١,٤٤٠ واط/ م درجة م = | k |
| ٢٥ مم بلاطة من صوف الخشب | ٠,٠٩٣ واط/ م درجة م = | k |
| ١٢ مم قصـــــارة | ٠,٤٦١ واط/ م درجة م = | k |
| المقاومة السطحية | ٠,٠٧٦ م^٢ درجة م/واط = | $1/f_o$ |
| | ٠,١٢٣ م^٢ درجة م/واط = | $1/f_i$ |

وكخطوة أولى، فقد أخذت المعلومات السابقة من الجداول في الملحق رقم ٥. وطريقة حساب المانعة او المقاومة الخاصة لكل طبقة، من الخارج الى الداخل تتم كمايلي:

| | | | |
|---|---|---|---|
| السطح | $1/f_o$ | = | = ٠,٠٧٦ |
| أعمال الطوب | $\frac{b}{k}$ | = $\frac{٠,١١٤}{١,١٥٠}$ | = ٠,٠٩٩ |
| الفراغ | Rc | | = ٠,١٧٦ |
| الخرسانة | $\frac{b}{k}$ | = $\frac{٠,١٠٠}{١,٤٤٠}$ | = ٠,٠٦٩ |
| الصوف الخشبي | $\frac{b}{k}$ | = $\frac{٠,٠٢٥}{٠,٠٩٣}$ | = ٠,٢٦٩ |
| القصارة | $\frac{b}{k}$ | = $\frac{٠,٠١٢}{٠,٤٦١}$ | = ٠,٠٢٥ |
| السطح: | $1/f_i$ | | = ٠,١٢٣ |
| المجموع الكلي للمقاومة | Ra | | ٠,٨٣٧ |

فتكون قيمة U

$$U = \frac{1}{Ra} = \frac{1}{٠,٨٣٧} =$$ ١٩,١واط/م$^2$ درجة م

٣,٢,١٣ التدرج الحراري

وقد يكون ضروريا في بعض الحالات (على سبيل المثال التنبوء بالتكثيف) أن نعرف درجة الحرارة في أية نقطة ضمن الحائط، اي التدرج الحراري خلال الحائط، أو أية عناصر إنشائية أخرى.

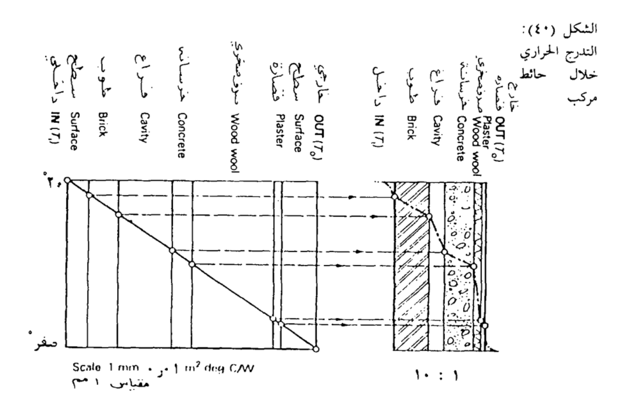
ويمكن القيام بذلك بسهولة تامة باستخدام الطريقة البيانية، كما هو موضح بالمثال التالي، وباستخدام الحائط الذي تمت دراسته في الفقرات السابقة:

افتراض أن درجة الحرارة الداخلية    $T_i$ = ٢٠°م

وبفرض أن درجة الحرارة الخارجية    $T_o$ = صفر°م

ارسم مقطعا في الحائط (شكل ٤٠) بمقياس رسم يمثل المقاومة الذاتية لكل طبقة بدلا من السماكة. ويمكن استخدام مقياس رسم ١مم = ٠,٠١ م٢ درجة م/واط وهكذا تمثل المقاومة الخارجية للسطح بـ ٧,٦ مم، ومقاومة الطوب ٩,٩ مم . . . الخ. ويرسم بجانبه المقطع الحقيقي للحائط بمقياس رسم ١ : ١٠.

ضع مقياسا لدرجة الحرارة على المحور العمودي، ليستخدم لكلا المقطعين السابقين (٣ مم = ٠,١ درجة م) ضع نقطتين $T_o$,$T_i$ على سطحي الحائط وصل بين هاتين النقطتين بخط مستقيم (على المقياس الايسر) والان، يمكن اسقاط تقاطع هذا الخط المستقيم مع الطبقات المختلفة ايضا لتمثل طبقات المنشأ الحقيقية: (على المقطع الايمن). ويؤخذ من ذلك خط يصل بين النقاط المختلفة ويمثل التدرج الحراري خلال الحائط.




الشكل (٤٠): التدرج الحراري خلال حائط مركب

٣,٢,١٤ التكثيف

لقد ذكرنا سابقا (١,٢ الى ٥) ان الرطوبة النسبية تعتبر دالة على درجة الحرارة، وانه كلما زادت برودة الهواء، دون ان يتغير مقدار ما فيه من الرطوبة، فان الرطوبة النسبية للهواء تزداد. ويتكون الندى عندما تصل الرطوبة النسبية ١٠٠٪، اي يصبح الهواء مشبعا، وتسمى درجة الحرارة التي يحدث عندها ذلك، درجة حرارة نقطة التكثيف.

تعدُّ معظم مواد البناء مسامية وهي ذات مقاومة قليلة لمرور البخار. فاذا اخترق الهواء الداخلي الرطب الحائط، ووصل الى طبقة درجة حرارتها اقل من درجة حرارة نقطة الندى (dewpoint)، فان الرطوبة تتكاثف، وتعرف هذه الظاهرة بالتكثيف الخلوي (interstitial Condensation). ويعدُّ التنبؤ بهذه الظاهرة (وتجاوزها او مقاومتها) امرا مهما بالنسبة لمصممي المباني في المناخات الباردة. ويعتمد الاسلوب التقني للتنبؤ (بهذه الظاهرة) [٤٢ و٤١] على معرفة درجة حرارة نقطة الندى للهواء، ومعرفة الاماكن التي ستتقاطع فيها مع التدرج الحراري للحائط.

٣,٢,١٥ التصميم الحراري

وفي العادة يستخدم المهندسون الميكانيكيون ومصممو تكييف التدفئة والتبريد الهوائي طرقا مشابهة لتلك الموصوفة في الجزء ٣,٢,٨ الى ١١. ويمكن ان تكون هذه الطرق مكررة ومطولة، ولكنها تقوم على أساس واحد هو ضمن متغيرات ثابتة، اي معادلة التوزان الحراري (١,٢,٣).

جميع العوامل ثابتة او يفترض أن تكون ثابتة، المتغير المستقل الوحيد (المراد ايجاده) هو قيمة $Q^m$، معدل تدفق الحرارة المراد انتاجه آليا.

يواجه مصمم المباني حالة غير محددة، وعليه أن يتخذ قرارات ليمدد، المساحة، والحجم وطبيعة الانشاء، وحجم الشبابيك واتجاهها وغير ذلك مما له تأثير في عوامل الاتزان الحراري.

وليس هنالك طريقة موضوعة أو جاهزة لاستنتاج القرارات، ولكن، قد يكون من المفيد للتفكير بمعادلة الاتزان الحراري في أي قرار تصميمي، للنظر في أي العوامل (وبأي اتجاه) يمكن أن تتأثر بقرار معين والتنبؤ بنتائج الحلول التصميمية والخيارات المختلفة.

وتعدُّ ـ $Q_m$ ـ التحكم الآلي ـ باهظة التكاليف: ولذلك فان على المصمم أن يسعى الى الحصول على مجموع جبري مقداره صفر بدون مركبة $Q_m$. وسوف نناقش طرق التحكم للعوامل المختلفة في الفصل رقم ٤.

## ٣,٣ انسياب الحرارة الدوري


٣,٣,١ افتراضات حالة الاستقرار
٣,٣,٢ انسياب الحرارة الـدوري
٣,٣,٣ الانتشارية الحـــرارية
٣,٣,٤ الاستخدام العمـــلي
٣,٣,٥ حسابات انسياب الحرارة الدوري
٣,٣,٦ التطبيقـــات
٣,٣,٧ تأثيـــر العـــزل
٣,٣,٨ تأثيـــر الفراغ


---

**٣,٣,١ افتراضات حالة الاستقرار**

تعدُّ المعادلة وطرق الحسابات الموضحة في الفصل ٣,٢ قابلة للتطبيق اذا كانت درجات الحرارة الداخلية والخارجية ثابتة فقط. وحيث أن الأحوال الساكنة المثالية لا تحدث في الطبيعة، فان أسس الطرق السابقة تقوم على أساس افتراض الأحوال المستقرة. وهذا واضح انه افتراض للظروف الحقيقية ولكن النتائج يمكن أن يعول عليها اذا كانت التغيرات في درجة الحرارة لا تزيد على ٣ درجة (3deg C ±) ويمكن ان تسود هذه الحالة في الشتاء، في المناخات المعتدلة، عندما يكون الداخل مدفأ ويحافظ على درجة حرارة معينة او في المناخات الدافئة ـ الرطبة حيث درجة الحرارة الداخلية تحفظ ثابتة بواسطة تكييف الهواء.

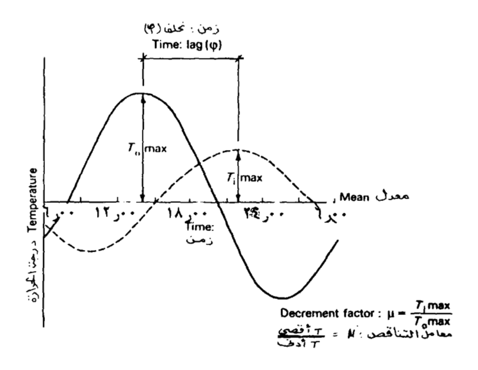
ان الحسابات القائمة على افتراضات حالة الاستقرار تمكن من معرفة معدل الحرارة القصوى المفقودة او المكتسبة، كما تمكن من معرفة حجم ومقدرة التمديدات وأنظمة التدفئة والتبريد. وليس الهدف من التمرين هو التنبؤ بالوضع الحراري للمبنى ـ لأن التحكم الميكانيكي سيقوم بالتعديلات الضرورية ـ وعلى المصمم فقط أن يوفر كمية كافية من الحرارة أو البرودة لتعالج الظروف السيئة المحتملة.

ويمكن اعتبار طرق حسابات حالة الاستقرار على أنها طريقة دراسة مبدئية تؤدي الى مشكلات أكثر تعقيداً في حالة انتقال الحرارة.

**٣,٣,٢ انسياب الحرارة الدوري**

إن اختلاف أحوال المناخ في الطبيعية يؤدي الى حالة عدم الاستقرار. ويؤدي التغير اليومي الى دورة مكررة كل ٢٤ ساعة تقريبا من زيادة ونقصان في درجات الحرارة. ويكون تأثير ذلك على المبنى، أنه في الأوقات الحارة تنتقل الحرارة من المحيط الى المبنى حيث يتم تخزين جزء منه، وفي الليل وفي الفترات الباردة فان انتقال الحرارة ينعكس من المبنى الى المحيط. وبما ان الدورة تتكرر، فقد جاز ان نسميها انسياب الحرارة الدوري (Periodic Heat Flow).

ويبين الرسم البياني في الشكل ٤١ الاختلاف اليومي لدرجات الحرارة الداخلية والخارجية على شكل توزان دوري للتغير الحراري. وحيث ان درجة الحرارة في الصباح تزداد، وتبدأ الحرارة بالدخول الى الاسطح الخارجية للحائط فان كل جزء من الحائط يمتص كمية من الحرارة لكل ارتفاع في درجة الحرارة قدره درجة واحدة، ويعتمد ذلك على الحرارة النوعية لمادة الحائط (انظر ٤,١,٣). وتنتقل الحرارة الى الجزىء الملاصق فقط بعد ان ترتفع درجة حرارة الجزىء الاول. وهكذا فان الزيادة في درجة الحرارة المناظرة للسطح الداخلي سوف تتأخر كما هو موضح بالخط المنقوط.




**الشكل ٤١: التخلف الزمني ومعامل التناقص**

سوف تصل درجة الحرارة الخارجية حدها الأعلى وتبدأ بالتناقص قبل ان تصل درجة حرارة الداخل الى المستوى نفسه. ومنذ هذه اللحظة تبدأ الحرارة المخزونة في الحائط بالتشتت الى الخارج والى الداخل. وحيث أن الهواء الخارجي يبدأ بالبرودة، فان قسماً كبيراً من الحرارة المخزونة تبدأ بالتدفق الى الخارج، وعندها تنقص درجة حرارة الحائط الى أقل من مثيلتها في الداخل فان اتجاه تدفق الحرارة ينعكس كلياً.

كلا الكميتين اللتين تصفان التغير الدوري تدعيان بالتخلف الزمني (time-lag) (او بازاحة الطور (Phase Shift) ومعامل التناقص (decrement factor) (او توهين الذروة (ampıitude attennationm) والآخير هو نسبة درجة حرارة السطح القصوى الخارجية والداخلية الى المعدل اليومي.

**٣،٣،٣ الانتشارية الحراري**

دعنا نفكر في الحالة الموصوفة أعلاه، عندما تبدأ الجزئيات الأولى من الحائط باستقبال الحرارة من المحيط. فان معدل نقلها للحرارة إلى الجزيء الآخر يعتمد على عاملين:

١ . اذا كانت مادة الحائط ذات توصيلية عالية، فان هذا المعدل سيكون أسرع.

٢ . اذا كانت المادة كثيفة، وكان لها حرارة نوعية عالية، فان المعدل يكون أبطأ؛ إذ إنّها ستمتص حرارة أكبر من الحرارة الداخلة، قبل أن تبدأ بنقل الحرارة.

لذلك اذا كان:

k = التوصيلية (واط / م درجة م w/m deg C

d = الكثافة (كغم / م$^3$)

C الحرارة النوعية (حول / كغم درجة م I/Kg deg G )

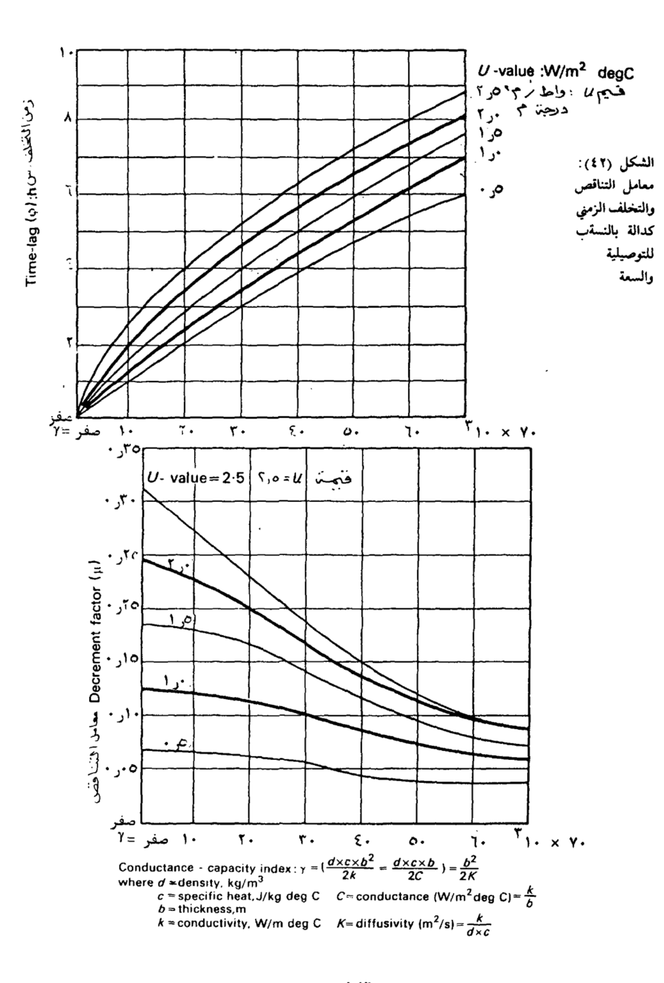
فان العلاقة السابقة يمكن أن يعبر عنها كمايلي:

(K/Cd x C)

وهذه يعبر عنها بالمعامل k ويشار اليها بالانتشارية الحرارية ـ أو توصيلية درجة الحرارة (الاسم الأخير أكثر وصفاً).

ويكون قياس هذه الكمية مساوية:

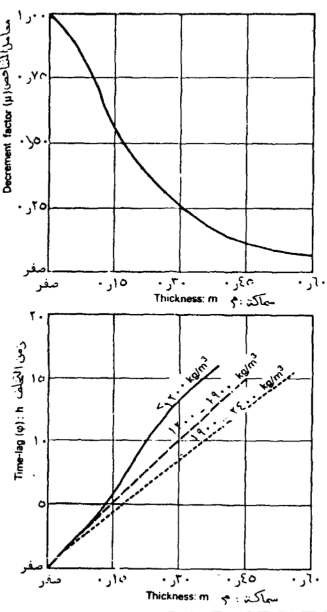
$$K = \frac{k}{d \times c} = \frac{\text{W/m degC}}{\text{kg/m}^3 \times \text{J/kg degC}} = \frac{\text{J/s m degC}}{\text{J/m}^3\ \text{degC}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$




الشكل (٤٢): معامل التناقص والتخلف الزمني كدالة بالنسبة للتوصيلية والسعة

٣,٣,٤ الاستخدام العملي

في الأحوال العملية يستخدم زمن التخلف (ϕ) ومعامل التناقص (u) ويمكن أن تحسب هذه القيم لانشاء معين [43] ولكن الطريقة المستخدمة لم تختبر جيداً*. ويمكن لتلك القيم أن تعين مخبرياً. يعدُّ الشكل ٤٣ مؤشراً لهذه القيم كما أن ملحق ٦ يبين قيم هذه العوامل لبعض المنشآت المستخدمة بشكل كبير. وكقاعدة سريعة لحائط مسمط، حوائط من الطوب أو الخرسانة، فان Φ = ١٠ ساعات لكل ٣,٠م سماكة.




الشكل (٤٣): قيم ومعامل التناقص الزمني التخلف لحائط كتلي

★ يمكن للقارىء المهتم بأسباب الحرارة الدوري الرجوع الى المراجع أرقام [44, 46, 47,48, and 49] في صفحة المراجع لمزيد من التفاصيل.

٣,٣,٥ حساب تدفق الحرارة اللحظي

يمكن استخـدام معادلة حالة الاستقرار: $Q = A \times U \times \Delta T$ كما يمكن استخدامها لايجاد مقدار تدفق الحرارة المتزن أو معدل تدفق الحرارة المعدل في دورة كاملة في دورة تغيير الاتـزان الحـراري. ولايجاد تدفق الحرارة اللحظي يمكن استخدامه إذا كان الحائط أو العنصر المختبر ذا سعة حرارية مهملة. واذا افترضت درجة الحرارة الداخلية، وكانت ثابتة (افتراض معقول في محيط متحكم به)، فان معدل تدفق الحرارة اللحظي يمكن حسابه بسهولة نوعاً ما، وذلك إذا قسم إلى قسمين:

أ ) الاول: إيجـاد معدل تدفق الحرارة المعدل للدورة كاملة (يوم واحد)، باستخدام معادلة حالة الاستقرار ما عدا الفرق في درجة الحرارة، فانه يكون ما بين المعدل اليومي لدرجة الحرارة الخارجية ودرجة الحرارة الداخلية.

$$\bar{Q} = A \times U \times (T_m - T_i)$$

ب ) وإيجاد الانحراف اللحظي عن معدل تدفق الحرارة المعدل: اذا كان التخلف الزمني (time – lag) للحائط هو Φ ساعة، فان تدفق الحرارة عندئذ سوف يعتمد على درجة الحرارة الخارجية Φ ساعة متقدماً: $T_\Phi$ ويمكن إيجاد الانحراف باستخدام قيمة الفرق في درجات الحرارة بين هذه $T_\Phi$ وبين المعدل ويعادل معامل الانتقال أو قيمة – U – بمعادل التناقص – U –

$$\tilde{Q} = A \times U \times \mu \, (T_\Phi - T_m)$$

ويمكن دمج المعادلتين لايجاد المعادلة التي تعطينا معدل تدفق الحرارة الدوري:

$$Q = A \times U \times [(T_m - T_i) + \mu \, (T_\Phi - T_m)]$$

حيث: Q = معدل تدفق الحرارة اللحظي بالواط (W)

A = المساحة م٢ ($m_2$)

U = معامل الانتقال واط / م٢ درجة م ($W/m^2$ deg C)

$T_m$ = معدل درجة الحرارة اليومي الخارجية (هواء ـ شمس) درجة مئوية (C)

$T_\Phi$ = درجة الحرارة الخارجة (هواء ـ شمس) متقدمة Φ ساعة، درجة مئوية (C)

μ = معامل التناقص

Φ = التخلف الزمني بالساعات

٣,٣,٦ تطبيقات

تعدُّ معرفة عامل التناقص (μ) والتخلف الزمني (Φ) لمختلف المواد والسماكات والعناصر الانشائية المختلفة والمكونة من تجميع مواد مختلفة من الامور المهمّة للمصمم. انه يهدف للسماح لعملية الكسب الحراري في الفراغات والعناصر عندما يكون هنالك فقد حراري من قنوات أخرى (مثل التهوية)، ولكنه يحول دون هذا الكسب الحراري عندما يكون هنالك توريد لتدفق الحرارة الى داخل المبنى. ولذلك فان اختيار الانشاء ذي التخلف الزمني المناسب يعدُّ عاملا أساسياً في التصميم وهذه العملية يمكن أن تسمى «التوازن في الزمن».

سنناقش في الجزء ٤,٢ استخدام السعة الحرارية على أنها احدى طرق التحكم الحراري. وتعدُّ السعة الحرارية عاملا يجب الاهتمام به في المناخات المعتدلة ايضا. والمبنى ذو السعة الحرارية القليلية او سريع الاستجابة يدفأ بسرعة ولكنه ايضا يبرد بسرعة. والمنشآت ذات السعة الحرارية الكبيرة تحتاج الى وقت طويل حتى تدفأ ولكنها تحافظ على الحرارة بعد وقف التدفئة او انتهاء الكسب الحراري.

٣,٣,٧ تأثير العزل

إن المعلومات المعطاة في الملحق ٦ تبين أن لموضع العزل في الكتلة ذات السعة الحرارية العالية تأثيراً معتبراً في التخلف الزمني ومعامل التناقص. فاذا وضع ٤٠ مم من مادة الصوف الزجاجي كمادة عازلة مع بلاطة خرسانية سماكتها ١٠٠ مم فانها تعطي العزل الحراري التالي:

| decrement factor<br>معامل التناقص | time-lag:h<br>زمن التخلف | |
|---|---|---|
| μ | Φ | |
| ٠,٤٥٠ | ٣ | تحت البلاطة |
| ٠,٠٤٦ | ١١,٥ | فوق البلاطة |

والسبب في ذلك واضح ولا سيما اذا أمكن ملاحظة آلية العملية. (مثال في المناخ الحار الجاف).

١. العزل في الجهة الخارجية يقلل من معدل تدفق الحرارة الى الكتلة، والحرارة القليلة سوف تدخل الكتلة في وقت معين او انها سوف تحتاج وقتا اكبر لتملأ مخزن السعة الحرارية للكتلة.

٢ . أما وضع العازل في الداخل فلن يؤثر على عملية ملء السعة الحرارية، وبالرغم من أنها سوف تقلل من إصدار الحرارة الى داخل الفراغ، إلا أنها لن تغير في الدورية (توالي الدورات).

وليس الهدف في المناخات الحارة هو تخزين أكبر كمية ممكنة من الحرارة في النهار فقط، ولكن أيضا ليشتتها في الليل جميعها (او معظمها)، حتى اذا ما جاء الصباح فان المنشأ كله لن يحتوي إلا على أقل كمية ممكنة ولتفزيغ كامل سعتها الحرارية (أو معظمها) لانها سوف تكون جاهزة لاستقبال حرارة اليوم التالي.

إن استخدام المواد العازلة سوف لن يقيد دخول الحرارة فقط ولكن أيضا تبريدها. فاذا كانت المواد العازلة من الخارج، فان الحرارة المخزونة يمكنها فقط أن تبرد الى الداخل. ولازالتها لا بد من وجود تهوية جيدة داخلية فيكون الهواء الليلي البارد ضروري لذلك.

٣،٣،٨ تأثير التجويف

التجويف غير المهوّى يعدُّ عازلا جيدا ($R = 0.15\ m^2dey\ C/W$) وهو يساوي ما قيمته عزل ١٨٠ مم من حائط من الطوب. وكما هو واضح فان العزل يجب أن يكون من الخارج بالنسبة للكتلة الرئيسية، ويتبع ذلك ان الكتلة الرئيسية يجب أن توضع في الطبقة الداخلية من الحائط المفرغ. ويجب ان تكون الطبقة الخارجية مادة انشائية خفيفة. وقد اقترح (G.K. Kuba) [٤٥] استخدام الطوب المفرغ او الوحدات الخرسانية المفرغة في الطبقة الخارجية من الحائط المزدوج فان ذلك سوف يحسن من عزلها الحراري ولكنها تقلل من كتلتها. وقد اختبر الفراغ المهوّى وتوصل الى نتيجة مفادها ان التهوية للفراغ (بين الطبقتين) في النهار غير مرغوب فيها، ولكن التهوية في الليل للفراغ تساعد على تبريد الحائط.

يكون تدفق الهواء في التجويف (بين الحائطين) في الليل لأعلى وفي النهار لاسفل. وكلا الفتحتين السفلى والعليا يجب أن يكونا في الجهة نفسها ويجب أن يكونا مغلقتين في النهار. فاذا لم يتدبر أمر قفل فتحتي التهوية، فيجب أن يفتحها الى داخل المبنى، وهنا لا بد أن يكون المبنى نفسه مهوى جيداً في الليل. وحيث أن هذه الفتحات تسمح للحشرات والديدان فمن الأفضل أن يكون الفراغ السابق مقفولاً بدون تهوية.




# طرق التحكّم الحراريّ

**٤,١ التحكم الآلـــــي**

**٤,٢ التحكم الإنشائي (الذاتي)**

**٤,٣ التهوية وحركة الهواء**

# ٤,١ التحكم الآلـــــي

٤,١,١ الأهـــــداف
٤,١,٢ دراجـــة التحكّم
٤,١,٣ التدفئـــــة
٤,١,٤ حجم التركيبات
٤,١,٥ المعضلات المصاحبة للتدفئة
٤,١,٦ التهـــــوية
٤,١,٧ نظم التهوية الآلية
٤,١,٨ التبريد بالتهوية
٤,١,٩ التبريد البخاري
٤,١,١٠ التبريد الآلـــــي
٤,١,١١ قياس سعة التبريد
٤,١,١٢ المعضلات المصاحبة للتبريد
٤,١,١٣ ازالـة الرطـوبة
٤,١,١٤ تكييـــف الهـــواء
٤,١,١٥ أنظمـــة التحكّـــم

---

٤,١,١ الأهداف

يمكن تحديد أهداف التحكّم الحراريّ باختصار بما يلي:

١. في الظروف التي يسودها برودة مزعجة.

أ) طلنع الفقد الحراري.

ب) الانتفاع بالكسب الحراري سواء من الشمس أو أية مصادر داخلية أخرى.

جـ) تعويض الفقدان في درجة الحرارة، بالتدفئة، التي تستخدم نوعاً من أنواع امداد الطاقة.

٢ .عندما تسود الظروف الحارة المزعجة.
أ ) منع الكسب الحراري.
ب ) زيادة الفقد الحراري الى الحد الأقصى.
جـ) إزالة أية حرارة زائدة بالتبريد، التي تستخدم نوعاً من أنواع امداد الطاقة.

٣ .عندما تتراوح الظروف اليومية ما بين الحرارة المزعجة والبرودة المزعجة.
أ ) تسوية الاختلاف بين الحرارة والبرودة.
ب ) (١) في طور البرودة و(٢) في طور الحرارة (كما ورد أعلاه).
جـ) تعويض لكلا الزيادتين باستخدام أجهزة مرنة للتدفئة والتبريد.

يمكن تحقيق الأهداف المذكورة تحت بنود أ، ب في كل قسم باستخدام عناصر المبنى الخارجية او باستخدام طرق الانشاء (الحوائط) وهذه الطرق تعرف بالطرق السلبية (Passive) (اي لا تستخدم أي نوع من أنواع الطاقة) ويكون هدف التحكم الآلي او الذي يعتمد على أساس من استخدام الطاقة (وهو المسمى بالتحكم الفعال (Active).

٤,١,٢
درجة التحكّم

عندما يكون وجود الانسان في خطر، اي تحت الظروف المناخية الحادة، فان التحكّم الآلي يصبح ضرورة ملحة. ولكن عندما تكون الظروف (المناخية) متفاوتة في مدى تأثيرها على مستوى الراحة اي عندما تكون المخاطرة هي فقط بدرجة قليلة من عدم الراحة ـ فان استخدام طرق التحكم الآلية يكون اختياريا.

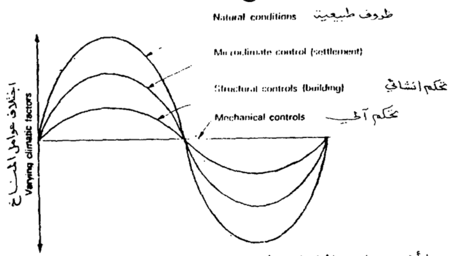
وكما وضح (D .H .K .Lee) [٥٠] «ان درجة الراحة والتحكم المطلوبة (في الظروف المناخية) تعتمد الى حد كبير على الظروف الاقتصادية والاجتماعية». أو بكلمة أخرى، نستطيع ان نخلق ونحافظ على أية ظروف مناخية داخلية، ولكن تفضيلنا لظروف معينة واختيارنا لتركيبات تعتمد على الوضع الاجتماعي، وعلى مستوى المجتمع الذي نعيش فيه وعلى الطرق والترتيبات المالية المتوافرة. وسيكون السؤال المهمّ هو: ما هي درجة التحكم المطلوبة؟ وكم هي التكلفة التي تلزم لذلك؟

يمكن للمحيط الملاصق للمباني، والذي بينها، أن يتأثر بتصميم

مستـوطنـة ما وعـلى تشكيل المبـاني الى حد بسيط (انظر ١٤, ٤, ١ : المناخ الحضري). يبين كيف ان الحدود المتطرفة للتغيرات المناخية يمكن أن تقلص بمثل هذه الطرق.

يمكن لطرق التحكم الانشائي (التحكم باستخدام عناصر المبنى او عنـاصر الانشـاء) التي تسمى (Passive) يمكنهـا أن تعـطي تسـوية أفضـل للتغيرات المناخية وربما يمكنها أن تحقق ظروف الراحة.

وللدقة، فان التحكم التام بالظروف الداخلية، يمكن أن تحقق فقط بالـطرق الآلية (Active) (الخط المستقيم في الشكـل ٤٤)، ولكن هذا ليس هدفنـا، وحتى لو كان كذلـك، فان استخدام طرق التحكم الآلية الذاتية (الانشائية) سيقل بشكل كبير ويصبح أكثر اقتصادية.




الشكل (٤٤): احتـمالات التحكّم بالمناخ

٤,١,٣ التدفئة

بما أن معضلات المناخات المدارية هي هدفنا، فسنقدم ملخصا بسيطا للتدفئة+ يمكن ان تعمل التدفئة محليا أي بتحويل بعض أنواع الطاقة (الطاقة الكيماوية لبعض مواد الوقود) الى حرارة، حيثما يحتاج اليها. ويتضمن ذلك المـوقـد والتنور والمدفأة والأفران وحرق الأخشاب والفحم والفحم الحجري والبترول. التدفئة باستخدام الغاز والكهرباء فهي أسلوب مطوّر: تعالج طاقة الفحم والغاز المعدني والبترول والطاقة الذرية مركزيا (بأعمال الغاز او محطات التـوليد) وتحوّل الى شكل جاهز للاستخدام، ويوزع بشبكات من الكوابل والأنـابيب الى نقط الاستخـدام ويستخـدم كلمـة التـدفئة المركزية لوصف التركيبات التي ينتج فيها الحرارة في نقطة مركزية (الفرن او المرجل)، باستخدام أحد أنواع الوقود المذكورة سالفا ثم توزع لاحقا باحدى وسائط الحمل. مثل هذا الوسيط عادة ما يكون هواء او ماء، ولكن يمكن ان يكون بخاراً (ونظرياً أي سائل أو غاز).

وتختلف درجة المركزية، من تدفئة مركزية لشقة واحدة، أو منزل، أو مبنى من عدة شقق أو مكاتب، أو مستشفى يحتوي على عدة مباني إلى حد تدفئة منطقة سكنية بكاملها.

أي نظام تدفئة مركزية يحتوي على ثلاثة عناصر مهمّة.

١. محطة توليد الحرارة (مرجل أو فرن).
٢. شبكة التوزيع (المواسير أو الممرات).
٣. وحدات إشعاع حراريّ (ناشرات ورديترات أو مسخّنات).

٤،١،٤ حجم التركيبات

يعتمد حجم وسعة تركيبات التدفئة على معدل الفقد الحراري من المباني. وبزيادة العزل يقل معدل الفقد الحراري، وبذلك تقل التركيبات والتكلفة الجارية للتدفئة أيضا ولإيجاد كمية المواد العازلة المثلى كدالّة بالنسبة لتكلفة التدفئة، فان تحليلات مكثفة على التكلفة بالنسبة للفائدة قد أجريت [٥٣] (انظر ٨،٢،٨).

وبالنسبة للمناخات المدارية، فان الحاجة الى التدفئة نادرة. إن المناطق المدارية المرتفعة هي التي ربما تسودها ظروف باردة مزعجة لفترة زمنية طويلة بحيث ان مخزون السعة الحرارية في المنشأ يكون غير كاف لتأكيد الراحة الداخلية، وحتى هنا فان النقص في كمية الحرارة يكون صغيراً لدرجة أنه في التصميم المعماري الجيد والتنفيذ الجيد، يمكن لكسب الحرارة الداخلية للمبنى (من اجسام المستعملين والاضاءة الى آخره) - أن يحفظ درجتها الى مستوى مقبول باستخدام ملابس دافئة. وفي أسوأ الأحوال فان بعض التدفئة المحلية يمكنها أن تكفي لتدفئة المكان، ولكنها قليلا ما تستخدم.

٤،١،٥ المعضلات المصاحبة للتدفئة

يمكن أن تكون التدفئة جوابا لمشكلة المحيط، ولكنها سوف تخلف بعضا من مشكلاتها الخاصة:

* توزيع الحرارة، بالتساوي، في الفراغ المدفأ ليس بالهدف السهل. إن الاختلاف في درجات الحرارة، بين المناطق ذات الفقد الحراري المركز (كالشبابيك) والمناطق التي تكون قريبة من الوحدات المنتجة للحرارة، يمكن أن تكون كبيرة لدرجة أنه يمكن أن يحدث تيار حمل، فيؤثر عكسياً على ظروف الراحة، ويسبب على سبيل المثال - تغييراً في ألوان الاسطح.

+ يمكن الرجوع الى صفحة المراجع لمزيد من المعلومات من هذا الموضوع. المراجع [٥١]، [٥٢].

* الجفاف (رطوبة نسبية قليلة جدا). وهو أيضاً نتيجة التدفئة فعندما يدفأ هواء بارد ذو رطوبة متوسطة فان رطوبته النسبية تقل (انظر المخطط في شكل ١٢). وعلى سبيل المثال أيضاً: اذا كان هواء بدرجة حرارة صفر°م (DBT) ورطوبة نسبية ٦٠٪ (RH)، وسخن الى درجة حرارة ٢٠°م فانه سوف يتسبب إلى خفض الرطوبة النسبية الى ١٥٪.

* التكثيف: يمكن أن يحدث بصورة غير مباشرة. إن الهواء الداخلي الساخن سوف يأخذ الرطوبة من أي مصدر موجود: زفير المخلوقات (حوالي ٤٥ غم/س/ شخص)، الطبخ والغلايات والحمامات... الخ. فتزداد الرطوبة النسبية، ونتيجة لذلك فان درجة حرارة نقطة التكثيف سوف تزداد. الهواء على درجة حرارة ٢٠°م (DBT) و٨٠٪ رطوبة نسبية (RH) له درجة حرارة نقطة التكثيف ١٦,٥°م. وانه يحتاج فقط الى أن يلامس سطحاً درجة حرارته ١٦°م فيحدث التكثيف، وهذا التكثيف الذي يحدث بين الخلايا يمكن أن يبلل مادة الحائط يزيد من توصيليتها، وبذلك تقل درجة حرارة سطح الحائط الذي بدوره يزيد التكثيف.

وعادة لا تحدث هذه المشكلات في المناخات المدارية (ما عدا المباني ذات التبريد الاصطناعي)، ولكن من المستحسن معرفة هذه المبادىء لأنها ربما تكون نافعة في بعض الظروف.

٤,١,٦ التهوية

يستهلك الكائن الحي الأكسجين الذي يؤخذ من الهواء بالتنفس، ويطرد الكربون بالزفير. إن الانسان العادي، تبعا لنشاطه، يستنشق حوالي ٠,٥ - ٥ م³/ ساعة. تقل نسبة الأكسجين في المحيط المقفل ويزداد محتوى الكربون بوجود الانسان، من وجهة علم الأحياء، ولكن حد الحياة هو ٠,٥٪ من ثاني أكسيد الكربون (حجما) ولكن مقدار ٠,١٥٪ يعطي تأثيراً ظاهراً للهواء الفاسد، يستنشق الجسم، الأدخنة والأبخرة الناتجة من عمليات عدة، مثل التدخين، وكل هذا يزيد في إفساد الهواء الداخلي. ويكون من الضروري تزويد الفراغ الداخلي بمعدل عال من الهواء النقي.

يمكن تزويد الفراغات بكمية كافية من الهواء، في كثير من الحالات، بترك الشبابيك والأبواب مفتوحة. أما اذا كان هنالك اختلاف كبير بين الظروف الخارجية والظروف الداخلية (المريحة)، وخصوصاً اذا كان الجو

الـداخلي مدفأ أو مبرداً باستخدام الطاقة. وفي العادة يمكن تحقيق نوعاً من التحكم بقيام السكان بفتح الشبابيك وإغلاقها على فترات، ولكن، في أحوال كثيرة، لا يكون هنالك نوافذ، أو عندما يكون هنالك نوع من أنواع التحكّم المركزي الضروري لذلك، فلا بد من تحقيق التهوية بطريقة آلية، فيجب أن يكون معدل التموين بما يساوي ١٢ ـ ٢٨ م$^{٣}$ / س لكل شخص، وذلك يعتمد على حجم الفراغ ونوع النشاطات التي تقام.

وفي التهوية الآلية يتم ازالة الهواء باستخدام مراوح تدار بمحركات وهي من قبيل مايلي :

**٤,١,٧ انظمة التهوية الآلية**

أ ) مراوح طاردة مروحية Propellor type

ب ) مراوح دفّاعة مركزية أو مماسة Impeller type وهي موضعية تثبت في الشباك أو الحائط، أو مركزية، تقوم بتوصيل الهواء وتوزيعه في قنوات مغلقة الى الفراغات المطلوبة.

وتكون التركيبات على الأشكال التالية :

١ . نظام عادم ـ لازالة الهواء المستخدم والسماح بالهواء النقي للدخول من النوافذ .والفتحات (تكون الغرف ذات ضغط أقل، نتيجة لتفريغ الهواء الفاسد).

٢ . نـظام تهوية نفـاخ ـ تزويد الفـراغ الداخلي بالهواء النقي واجبار الهواء الفاسد لترك الفراغ من فتحات وخلافه (زيادة ضغط الغرفة).

٣ . نظام متوازن ـ، لتزويد وطرد الهواء وهو أكثر الأجهزة اعتماداً عليه، ولكنه أكثرها تكلفة، ويستخدم عند استخدام الهواء الدافىء كوسيلة للتدفئة، حيث انه يسمح باعادة دورات الهواء.

عند استخدام احدى الطريقتين، الثانية أو الثالثة، فان الهواء عادة ما يرشح عند المدخل باحدى الطرق التالية :

أ ) مرحشات جافة، تستخدم مادة ليفية أو مسامية (ورق، قماش، صوف زجاجي)، تستخدم لمرة واحدة

ب ) مرشحات رطبة، تتكون من معدن دوّار، او بعض المواد السائبة، ذات مساحة سطحية نوعية كبيرة، مغلّقة بطبقة من الزيت، عادة بالغمس. وهذه يمكن تنظيفها واعادة استخدامها.

جـ) مرشحات بالغسيل، بواسطة ستارة من الماء النازل على سطح معدن أو خزف صيني مخرم، أو يرش حيث يكون مرور الهواء.

د ) مرشح الكتروستاتيكي، حيث تتأين ذرات الغبار العالقة بواسطة شحنة كهروستاتيكية عالية حيث تلتصق على أسطح معدنية مكهربة.

**٤,١,٨ التبريد بالهواء**

يمكن للهـواء المتحرك أن ينتفع به كوسيط حامل. حيثما يوجد الهواء المستخدم في التدفئة مع جهاز التهوية الآلي. ويمكن للتهوية أن تعطي التأثير بالبرودة ببساطة وذلك باستبدال الدفء في الهواء بالبرودة.

نادراً ما تكون الحاجة، في المناخات الباردة للتبريد. أما في المناخات الدافئة فان القصد هو المحافظة على أن يكون الهواء الداخلي أبرد من الهواء الخارجي، وهكذا لن يكون تبريد بواسطة التهوية. يمكن لهذا ان يستخدم بنجاح، في الحال التي يكون فيها الهواء الخارجي ذو درجة حرارة ملائمة أو أقل من ذلك بقليل، اما في الفراغ فيكون الكسب الحراري الداخلي عاليا (مثال: في غرفة اجتماعات او قاعة رقص) التي تسبب ارتفاعاً في درجة الحرارة الداخلية.

وكمثال على ذلك، نفترض أن درجة الحرارة الخارجية ١٨°م، ودرجة الحرارة الداخلية ارتفعت الى ٢٨°م، وهنالك كسب حراري داخلي مقداره ٥ كيلواط، مما يمكن من زيادة درجة الحرارة الداخلية مرة أخرى.

والاختلاف في درجة الحرارة:

$\Delta T$ = ٢٨°م ـ ١٨°م = ١٠ درجة م

الحرارة النوعية للهواء هو ١٣٠٠ جول/م٣ درجة مئوية. وباستخدام معادلة الفقد الحراري بالتهوية (٣,٢,٣)

$$Q_V = ١٣٠٠ \times V \times \Delta T$$

$$٥٠٠٠ = ١٣٠٠ \times V \times ١٠$$

ولذلك يجب تزويد المكان بمعدل تهوية مقداره:

$$V = \frac{٥٠٠٠}{١٣٠٠٠} = ٠,٣٨٥ \text{ م}^{٣}/\text{ث}$$

واذا كانت سرعة الهواء هي ٢م/ث فان مقطع ممر الهواء يجب أن يكون

$$\frac{\text{٣٨٥ م}^{3}\text{ ث}}{\text{٢م/ث}} = \text{١٩٢,٠ م}^{2}\ (\text{٠,٣٠} \times \text{٠,٦٤ م})$$

ويمكن اختيار مروحة تعطي الحد الأعلى من التهوية من الفهارس المصورة للمراوح (الكتالوجات).

ويعتبر المثال السابق تقريبا فقط: المهندس الميكانيكي يعمل تسامح أو تجاوز للفقد بواسطة الاحتكاك من ممرات الهواء. (التدرج في سرعة الهواء والضغط).

طريقة أخرى للتبريد بواسطة حركة الهواء هي التبريد الفسيولوجي (الخاص بعلم الوظائف) (٢,١,٤) بواسطة توجيه مجرى هواء ذي سرعة معتبرة على سطح الجسم. وهذا يمكن تحقيقه بواسطة مراوح في السقف أو على مستوى مرتفع، وهي لا تزود الفراغ بهواء، ولكنها تولد حركة هواء.

**٤,١,٩ التبريد البخاري**

مر بنا (٣,٢,٧) أن تبخر الهواء يؤدي الى امتصاص كمية كبيرة من الحرارة. الحرارة الكافية للتبخير، بدرجة الحرارة العادية، حوالي ٢٤٠٠ كيلو جول/ كغم (2400 KJ/Kg)، للماء. ويمكن الاستفادة من هذه الظاهرة بنجاح في تبريد الهواء عندما يكون جافاً، بحيث تصبح الرطوبة مناسبة وتعمل على تحسين الظروف المناخية وهذه الحالة عادة تكون في المناخات الحارة الجافة.

يمكن أن يوضع في مقطع ممر الهواء رذاذ من الماء، في حالة التركيبات الآلية لتحقيق الحدّ الأعلى من الاتصال بين الهواء والماء. (يجب ان يتبع ذلك مجموعة من الواح الاسقاط التي سوف تستقطب وتمرر قطرات الماء من الممرات، بفعل مجرى الهواء السريع). ويمكن بذلك خدمة ثلاثة أهداف:

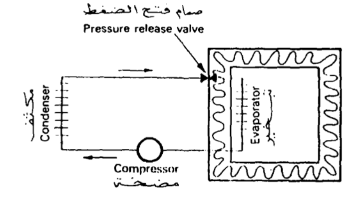
١. غسل الهواء، حيث تصطدم ذرات الهواء بذرات الماء فتمسك بها، فتسقط وتزال بالماء الزائد (٤,١,٧).
٢. التبريد بالتبخير، كما هو موصوف بأعلاه.
٣. زيادة الرطوبة النسبية.

ويمكن في المناخ الحار الدافىء، أن يؤدي الهدف الأول، بينما يحدث الهدف الثاني جزئياً (حيث يكون الهواء رطباً، دون أن يأخذ رطوبة إضافية

كبيرة، خصوصاً اذا كانت درجة حرارته أقل في الوقت نفسه)ـ ولكن الهدف الأخير، بالتأكيد، غير مرغوب فيه: لأنه سوف يزيد نسبة الرطوبة إلى درجة عالية جداً.

مثل هذا الرذاذ المائي يمكن أن يُسْتَغَلّ في المناخات الرطبة الدافئة فقط كوسيلة أولية للمعالجة، اذا أريد زيادة رطوبته.

٤،١،١٠ التبريد الآلي أبسط مثال للتبريد الآلي (الميكانيكي) هو الثلاجة المنزلية، مبينة في الشكل رقم (٤٥). يمرر غاز مناسب، يسمى المبرد، في دائرة مغلقة بواسطة مضخة. وفي العادة يستخدم غاز يسمى فريون(Freon CF2 CL2) على الأقل في التركيبات الصغيرة. ولكن في وحدات التبريد الضخمة، مثل مخازن الثلاجات يستخدم غاز الأمونيا $NH_3$ أو غاز ثاني اكسيد الكربون $CO_2$ : ويعتبر الغاز الاول ساما، فأي تسرب له يمكن أن يحدث مشكلات، والثاني يحتاج الى ضغط عال.




الشكل (٤٥): دائرة تبريد (مضخة حارة)

ملف دافيء أو مكثف

وملف بارد أو مبخر

ويوصل كلا الملفين، من جهة واحدة بالضاغطة وفي الجهة الثانية بصمام تخفيض الضغط ويبقى الملف الدافيء تحت ضغط عال والملف البارد تحت ضغط منخفض ويكون السائل في حالة سيولة تحت الضغط وفي حالة غازية تحت ضغط منخفض. وبدون تغيير لمحتوى الحرارة، فان الضغط يزيد من درجة الحرارة، والتمدد يقللها. وعند تسييله فانه يفقد الحرارة الكامنة للتبخير، وعند تبخره فانه يمتص كمية مماثلة من الحرارة.

ويمكن أن توصف الدورة كمايلي:

أ ) الضاغط

١ . تزيد الضغط

٢ . لا تغيير في المحتوى الحراري.

٣ . درجة الحرارة، لنقل من صفر°م الى ٣٠°م.

ب ) المكثف

١ . لا زيادة في الضغط.

٢ . عند التكثيف، بفقد الحرارة الكامنة فتبدّد الى المحيط.

٣ . درجة الحرارة، من ٣٠°م الى أقل من - ٢٦°م.

جـ) صِمام الضغط

١ . يسمح للسائل فقط أن يرتفع فوق ضغط محدد، وبذلك يضمن ضغطاً منخفضاً في المبخر.

٢ . لا تغيير في محتوى الحرارة.

٣ . درجة الحرارة، من ٢٦°م الى أقل - ٤°م.

د ) المبخر.

١ . لا تغير في الضغط.

٢ . في التبخير، تمتص حرارة كامنة.

٣ . تؤخذ الحرارة من المحيط.

٤ . درجة الحرارة من - ٤°م الى أقل من صفر°م.

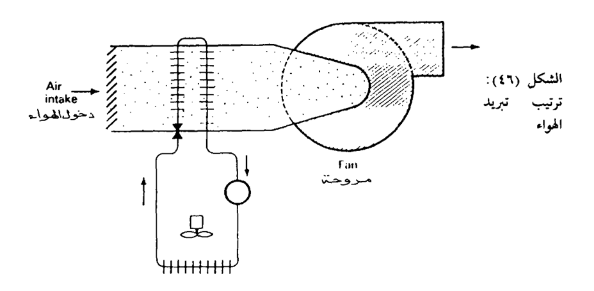
اذا وضع الملف المبخر في ممر لتحويل الهواء (بدلاً من خزانة الثلاجة)، فان الهواء الذي يهب في الممر سوف يبرد (الشكل ٤٦).

٤,١,١١ قياس سعة التبريد

إن طن تبريد، يُعَدُّ مقياساً مطلقاً لقياس سعة التبريد أو معدل تدفق الحرارة في التبريد، ولكنه لا يزال يستخدم حتى الآن في معظم المراجع. وقد وضح اشتقاقه ومعناه في الجزء ٦,١,٣، ولكن من المفيد استعادة ذلك.

طـن تبريد = ٣٥١٦ واط

أو تقريباً = ٣ر٥ كيلوا واط




الشكل (٤٦): ترتيب تبريد الهواء

ويجب عند النظر الى فهارس معلومات المصانع أن لا تسبب أي حيرة أو خلط عندما نرى بعض المفردات مثل:

سعة التبريد ٥٠ كيلواط

قدرة الضاغطة ٢٣ كيلواط

وليس المقصود أن القدرة التي تساوي ٥٠ كيلواط يمكنها ان تنتج ٢٣ كيلواط. ولكن في وحدة التبريد أو في مصنع التبريد فان محرك كهربائي قدرته ٢٣ كيلواط يمكنه أن يقوم بازالة الحرارة أو التخلص منها بمعدل ٥٠ كيلواط.

٤,١,١٢ المعضلات المصاحبة للتبريد

اذا أريد تبريد الهواء في مكان ما، فان هذا المكان يجب أن يكون مقفلاً تماماً، والا فان البرودة في الهواء الداخلي والدفء في الهواء الخارجي سوف يختلطان. واذا كانت الأبواب والنوافذ مغلقة، فان الهواء النقي اللازم للسكان يجب أن يموّن آليا. ولذلك فان التبريد يجب أن يصاحب نظام التهوية الميكانيكية.

اذا كان الهواء الخارجي بدرجة حرارة عالية (٣٠°) وبرطوبة متوسطة (٦٠٪) ستكون حالته في نقطة الآخذ. واذا أريد تبريده الى ١٨°م، فان رطوبته النسبية ستزيد. وتصل الى درجة الاشباع على درجة ٢١,٥ م°، ولذلك بزيادة التبريد فان بعضا من رطوبته سوف تتكاثف وفي النهاية نحصل على هواء درجة حرارته ١٨°م برطوبة نسبية مقدارها ١٠٠٪. وحيث أن الرطوبة المطلقة على درجة حرارة ٢١,٥°م هي ١٦ غم / كغم، وهي في درجة

حرارة ١٨°م ورطوبة نسبية ١٠٠٪ تساوي ١٣ غم / كغم، فان ٣ غم من الرطوبة تتكاثف من كل كغم واحد من الهواء المار خلال المبرد. يمكن لهذا التكثيف أن يصرف بعيداً، ولكن الرطوبة النسبية العالية (١٠٠٪) من الهواء المموّل سوف تسبب ازعاجاً حاداً.

| | AH: g/Kg<br>رطوبة مطلقة غم / كغم | RH%<br>رطوبة نسبية ٪ | To:C<br>درجة حرارة °م | |
|---|---|---|---|---|
| تكثيف | ١٦ | ٦٠ | ٣٠ | تبريد |
| | ١٦ | ١٠٠ | ٢١,٥ | |
| | ١٣ | ١٠٠ | ١٨ | |

٤,١,١٣ إزالة الرطوبة

إن الظروف التي نحبذها هواء جاف بدرجة حرارة ١٨°م، ورطوبة نسبية ٦٠٪. والطريقة الوحيدة للتخلص من رطوبة الهواء هي اجبارها على التكثيف. وهذا يمكن أن يحدث بالتبريد فقط. عندما يبرد الهواء الى درجة الندى، فان النقطة التي توضح حالته على مخطط مقياس رطوبة الجو (الشكل ١٢) سوف تتحرك افقيا باتجاه الشمال. وعندما تصل نهاية المنحني، على خط ١٠٠٪ رطوبة نسبية، فانها تكون قد وصلت نقطة الندى. وبزيادة التبريد فانه يسبب في تحريكها باتجاه المنحي ١٠٠٪ رطوبة نسبية، إلى أسفل والى الشمال. والحركة باتجاه تبين ان الرطوبة قد تكثف. أي أن الرطوبة المطلقة قد قلت. ما العمل في هذه الحالة؟ هل يبرد الهواء لدرجة اقل بكثير من ١٨°م (DBT) للتخلص من الرطوبة ثم إعادة تسخينه الى ١٨°م، بدون أية اضافة للرطوبة وبذلك تنخفض الرطوبة النسبية. والسؤال الآن هو إلى أي مدى يلزم تبريده؟ أولا يجب إيجاد قيمة الرطوبة المطلقة المناظرة للظروف المرغوبة، إيجاد درجة الحرارة التي تجعل هذه الرطوبة تسبب تشبع الهواء وذلك من مخططات مقياس رطوبة الجو.

كل ذلك يمكن عمله باستخدام مخطط مقياس رطوبة الجو بدون أية حسابات. اذا عرفنا اثنتين ممايلي: درجة حرارة الهواء (DBT) والرطوبة النسبية (RH)، والرطوبة المطلقة (AH) ودرجة حرارة الهواء الرطبة (WBT) والكميتان الأُخريَان يمكن إيجادهما من المخطط. ويمكن توضيح الطريقة بالمثال التالي: القيم الموضحة بالخط التخين مستخرجة من مخطط مقياس الرطوبة.

| | درجة حرار الهواء DBTC م° | الرطوبة السبية RH% ٪ | الرطوبة المطلقة AH غم/كغم |
|---|---|---|---|
| الظروف المعطاة | ٢٥ | ٦٥ | ١٣ |
| الظروف المرغوبة | ١٨ | ٦٠ | ٧ر٨ |
| بردت الى | ٥ر١٠ | ١٠٠ | ٧ر٨ |
| أعيد تسخينها | ١٨ | ٦٠ | ٧ر٨ |

وبشكل طارىء يمكن إيجاد أن ١٣ ـ ٧ر٨ = ٥ر٢ غم/كغم من الرطوبة سوف يتكاثف.

**٤,١,١٤ تكييف الهواء**

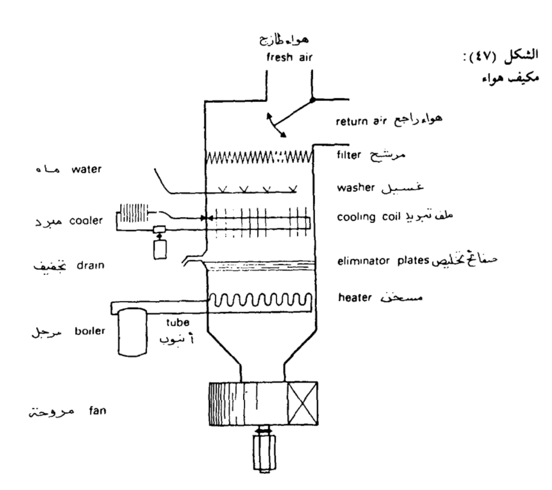
لقد وضّح من قبل، أن إدخال الهواء إلى الغرفة أو إلى بناية ما يكون باستخدام الطرق الآلية:

المروحة أو المرشح المتحرك
الغاسلة
المرطب
المبرّد
الجفف
المسخّن أو إعادة التسخين.

المقطع المعبر للالة التي تقوم بهذه الأعمال جميعها هو «وحدة معالجة الهواء» ويشار الى التركيبات بتكييف الهواء. وبدون التجفيف فان النظام لا يسمى تكييف الهواء.

يبين الشكل ٤٧ التنظيم التخطيطي لمكيف هواء. وكقطعة آلية واحدة، يمكن أن يكون موجوداً على شكل صندوق أو وحدة مكيف، يمكن أن تبنى في الحائط أو النافذة أو كوحدة تكييف كبيرة، فان كل جزء منه يمكن أن يكون وحدة منفصلة، يمكن أن تجمع هذه الأجزاء بالحجم والسعة المناسبة بالترتيب المطلوب.

الشكل (٤٧): 
مكيف هواء




وبصفة أساسية فان التركيبات لبناية ما يمكن أن تأخذ أحد الأشكال الثلاثة التالية:

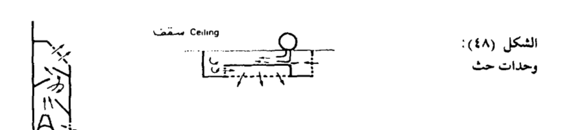
١ . استعمال مركزي: أي أن جميع الوظائف السابقة الموضحة بالشكل (٤٧) تؤدي بواسطة وحدة مركزية ويوزع جميع الهواء المطلوب خلال نظام ممرات.

٢ . استعمال محلي: حيث وحدة المرجل والثلاجة مركزية وحيث الماء الساخن والبارد يدور الى وحدات هواء مركزية، كل وحدة تخدم جزءاً معيناً من البناية (حيث تستعمل ممرات أقل بكثير من السابق).

٣ . النظام الحثي*: حيث يعالج حزء بسيط من الهواء المطلوب مركزياً، ولكنه يجفّف أو يسخّن او يبرّد الى حدود أبعد من المستوى المطلوب. يوزع هذا الهواء خلال ممرات دائرية صغيرة المقطع بسرعة كبيرة وقبل أن يفرغ يخلط بهواء.

* تسخين المادة او تبريدها بمرور التيار الكهربائي خلالها بالحث.

الشكل (٤٨):
وحدات حث




٤,١,١٥
أنظمة التحكّم

بشكل مبسط، فان التحكم بوحدة المبّرد يمكن أن يتمّ يدوياً بتحريك بعض الأزرار. وبشكل متطور فان تركيبات تكييف الهواء أصبحت منظمة بنفسها (موزونة) ولمثل هذا النظام ثلاثة أجزاء رئيسية:

١ . جهاز الاحساس : من موازين حرارة، أو موازين رطوبة، وهي تراقب الأحوال الجوية بصفة مستمرة وترسل المعلومات الى وحدة التحكم.
٢ . وحدة التحكم : وتستقبل المعلومات السابقة، وتقوم بالتعديلات والتعويضات الضرورية في بعض البرامج استناداً إلى التعليمات الصادرة.
٣ . الآلات المؤازرة : كالصمامات الآلية، ومفاتيح التحويل، والمخمدات (dampers) ، التي تقوم بتطبيق التعليمات السابقة وتنظم جميع العمليات كسرعة المرواح، ومعدل تدفق الهواء، ودرجة حرارة التبريد أو التدفئة، ثم معدل عمل المرجل أو وحدة التبريد كنتيجة لذلك . . . . الخ.

إن الكسب الحراري يختلف من واجهة الى أخرى في المبنى. وقد يعتمد الفقد الحراري على اتجاه الرياح. ويمكن أن يتراوح الكسب الحراري الداخلي من جزء إلى آخر من المبنى. ومن الواضح في الوقت نفسه أن الأجزاء المختلة والفراغات المختلفة من المبنى تحتاج إلى وحدات تحكّم حرارية خاصّة بها. وهكذا فان نظاماً متطوراً يتطلب تقسيم المبنى الى مناطق عديدة لكل منها جهاز مراقبة وتحكم مستقل.

وفي بعض الحالات الشاذة التي يمكن أن تحدث فان الجزء الشمالي من المبنى يحتاج الى تدفئة، بينما يكون الجزء الجنوبي ذا حرارة زائدة ويحتاج الى تبريد. ولمثل هذه الحالات المتباينة، فان التطوّر الحديث «فكرة الطاقة الكلية» يحتاج لأن تكون المناطق المختلفة من المبنى مترابطة، واذا كان الوضع الى هذه الدرجة من الاختلاف فان الحرارة الزائدة من منطقة معينة يجب الانتفاع بها في تدفئة المناطق الباردة.

## ٤,٢ التحكم الانشائي

٤,٢,١ الحاجة الى التحكّم الانشائي
٤,٢,٢ العــــزل الحـــراريّ
٤,٢,٣ السّعـــة الحـــراريّة
٤,٢,٤ التحكّـم الشّمســيّ
٤,٢,٥ التــــوجيــــه
٤,٢,٦ الستائـر الداخلية والبرادي
٤,٢,٧ الزجاج المـاص للحـــرارة
٤,٢,٨ أنواع أخرى من الزجاج الخاص
٤,٢,٩ تأثير زاويـة السقـــوط
٤,٢,١٠ مــوقــع الشمـــس
٤,٢,١١ زاويـــة السقــوط
٤,٢,١٢ زوايـــا الظِّـــلال
٤,٢,١٣ وسائـــل التظليـــل
٤,٢,١٤ تصميم وسائل التظليـــل

---

٤,٢,١ الحاجة الى التحكّم الانشائي

«ان استعمال وحدات تكييف الهواء بشكل كبير لتصحيح الأخطاء التي يمكن تداركها عند تصميم المبنى للتقليل من صدمة المحيط لا يختلف من حيث المبدأ عن استعمال واجهة حجرية لاخفاء إنشاء خرساني «قبيح» [٥٤] ان المناخ . . . . يمثّل تحدياً للمعماري الذي لا يعتبر أن الأجهزة الميكانيكية هي بديل التصميم الجيد» [٥٥].

إن هذه العبارات تعبر عن موقف يعكس بأدب المهنة وخلق سام للتصميم المعماري. وقد توصل اولجي (V. Olgyay) الى نتيجة مشابهة بطريقة نشطة «نحن لا نتوقع أن نحل المعضلات الناتجة من الظروف المناخية المحيطة غير المريحة، بالطرق الطبيعية فقط، إن للعناصر المحيطة المساعدة لنا لها حدودها، ولكن يتوقع من المعماري أن يبني المأوى بطريقة يستغل بها أفضل الامكانات الطبيعية المتاحة» [٥٦].

وقد لخص وستون (E.T. Weston) ذلك بطريقة موجزة حيث قال: «كلما قل استعمال الأجهزة والوقود كانت النتائج مرضية أكثر» [٥٧].

بالاشارة إلى الشكل (٤٤) (٢-١-٤)، يمكننا أن نلخص أهداف التحكم المناخي فيما يلي:

لتأكيد أفضل ظروف مناخية داخلية بالاعتماد على التحكم الانشائي (Passive) الذي يمكن أن يجنبنا الحاجة إلى أية وسائل تحكم آلية (active)، ولو لم يكن هنالك بد من استعمال أساليب التحكم الآلية فان هدفها سينخفض الى الحد الادنى. وسوف تختبر وسائل التحكم الانشائي (Passive) المختلفة للمحيط الحراري في الفقرات التالية:

٤,٢,٢ العزل الحراري

إن المنشأ ذو قيمة (U) صغيرة (انتقال الحرارة من الهواء الى الهواء)، سوف يقلل جميع أنواع توصيل الحرارة خلال الحوائط الخارجية للمبنى. مثل هذا التوصيل الحراري سوف يكون بكمية كبيرة اذا كان الاختلاف في درجات الحرارة (الخارجية والداخلية) كبيراً. ولكن إن كان الاختلاف في درجات الحرارة صغيرا فان تدفق الحرارة سوف يكون ضئيلاً على كل حال. وهنا فان زيادة المواد العازلة لن تؤثر على تقليل ذلك التدفق تأثيراً كبيراً.

وعلى كل حال، فمن المستحسن أن نتذكر، أنه في حالة الكسب الحراري، وبوجود إشعاع شمسي كبير، فان قيمة درجة حرارة الهواء ـ الشمس

(sol-air temperature) التي يجب ان تستخدم لايجاد الفرق في درجات الحرارة - تؤثر كقوة باعثة لتدفق الحرارة ويمكن ان تكون كبيرة، ونتيجة لذلك فقد يكون العزل في هذه الحالة مهما.

يكون العزل أكثر تأثيراً تحت الظروف الثابتة، أو على الأقل يكون اتجاه تدفق الحرارة ثابتاً لفترة زمنية طويلة، وخصوصاً في المباني المكيفة هوائياً تكييفاً حاراً أو بارداً. وحيث يكون اتجاه تدفق الحرارة معكوسا مرتين كل ٢٤ ساعة، فان العزل لن يكون ذا أهمية.

٤،٢،٣ السّعة الحراريّة

الظروف التي يكون فيها التغير اليومي في درجات الحرارة كبيراً، فان أهمية السعة الحرارية تكون أعظم بكثير من أهمية العزل. إن بعض المؤلفين يشيرون الى تأثير السعة الحرارية بالعزل السعري (capacitive insulation)، كنقيض العزل المقاوم (resistive insulation) التي تزودها المواد ذات التوصيلية الضعيفة والمنشآت ذات معامل الانتقال القليل.

إن نظرية تدفق الحرارة الدوري، وفكرة التخلف الزمني (time-lag) وفكرة معامل التناقص قد قدمت في الفصل (٣،٣). وهنا يمكن ان نتساءل: ما قيمة السعة الحرارية، وما هي قيمة التخلف الزمني المرغوب؟ إن هنالك نقطة عادة ما تغفل، وهي أن السعة الحرارية يمكن أن تكون كبيرة، والتخلف الزمني يمكن أن يطول. وعلى سبيل المثال، هنالك حائط يواجه الشرق، فانه يستقبل حرارته القصوى في الساعة العاشرة، فان تخلفاً زمنياً مقداره عشر ساعات، سوف يسبب زيادة درجة حرارة الفراغ الداخلي الى الحد الأقصى في الساعة الـ ٢٠، حيث يحتمل أن تكون شديدة الحرارة على كل حال وهنا فان السكان يريدون النوم ولكنهم لا يستطيعون*.

ويمكن الاجابة عن هذا السؤال برسم مخطط التغيّر في درجات الحرارة الخارجية (sol-air)، لكل حائط وتقدير الوقت الذي تكون فيه درجة الحرارة الداخلية بحدها الأقصى وتكون بحاجة لتصحيح. يبين الشكل (٤٩) مثالاً لمثل هذا المخطط وموضحا عليه الاستدلال لاستنتاج تخلف زمني مناسب.

* في الحقيقة، غالبا ما يحدث، ان الناس في المناطق الحارة الجافة ينامون فوق الاسطح او تحت سقف خفيف فوق اسطح المنازل، على الاقل حتى منتصف الليل. وبعد ذلك قد ينامون في داخل المنازل، حيث تكون درجة الحرارة الخارجية قد بردت برودة مزعجة، وتكون المنازل قد بردت الى درجة حرارة مقبولة.

**٤,٢,٤ التحكّم الشّمسي**

يمكن أن نجمع بين تأثير الاشعاعات على أسطح مائلة وتأثير الهواء الدافيء باستعمال فكرة درجة حرارة الهواء- الشمس (sol-air) (١٨ , ١ , ٣). إن قيمة درجة حرارة الهواء - الشمس تتأثر بعوامل يمكن أن يتحكّم بها المصمم: كالامتصاص وتوصيلية الأسطح. يبين ملحق (٦ , ٥) أن لاختيار اللون تأثيراً قليلاً، بينما يكون اختيار المواد ذا تأثير أكبر (انظر ١٦ , ١ , ٣). والاختلاف في توصيلية السطح ذو تأثير اقل، ولكن الاسطح ذات الامتصاصية الأقل، ومعامل التوصيلية الأكبر تقلل تأثير حرارة الشمس.

**الشكل (٤٩): تحديد زمن التخلف المطلوب**

Max. heating at 8.30 hours - heat required at 22.30 hours. Optimum φ 14 h - (12 h acceptable). If this is not possible, use less than 4 h with no day-use rooms on the east side.

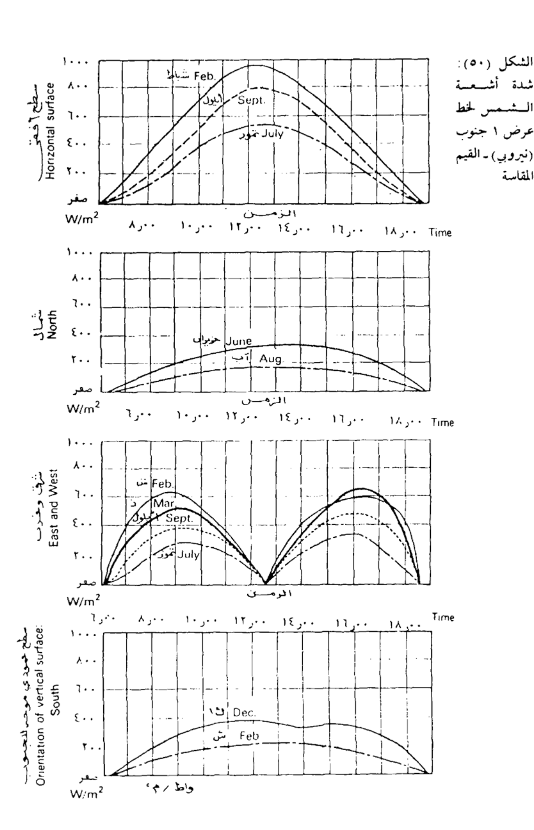
East wall
حائط شرقي

Max. heating at 16.30 hours - heat required: 22.30 to 6.00 hours. φ = minimum 6h but 9 or 10h is preferable.

West wall
حائط غربي

Max. heating at ١٣,٠٠ hours - heat required :٢٢,٣٠ to ٦,٠٠ hours. φ = minimum ٩ h, but ١٢ or ١٣ h is preferable.

Roof
سقف




الشكل (٥٠): شدة أشعة الشمس لخط عرض ١ جنوب (نيروبي) - القيم المقاسة

وعلى كل حال، فانه حتى بالنظر الى مثال بسيط، انظر ٣,٢,٩، فانه من الواضح أنه بالرغم من بعد مصدر الكسب الحراري العظيم، فان أشعة الشمس يمكنها أن تدخل عبر النافذة. إن هذا في الحقيقة يزيد من درجة حرارة الفراغ الداخلي أكبر بكثير من درجة الحرارة الخارجية، ويحدث ذلك حتى في المناطق المعتدلة، خلال ما يسمى بتأثير البيت الأخضر (greenhouse effect). لان زجاج النوافذ بشكل خاص يسمح بنفاذ الأشعة القصيرة (short-wave) تحت الحمراء المنبعثة من الشمس، ولكنه يكاد لا يسمح بنفاذ الأشعة الطويلة (long-wave)، والمنبعثة من الأجسام في داخل الغرفة. ونتيجة لذلك فان حرارة الاشعاع حالما تدخل خلال النافذة، تبقى في داخل المبنى كأن المبنى مصيدة لها. فاذا كانت الحرارة الزائدة المسببة من الشمس معضلة، كما هي الحال في المناخات المدارية، فان هنالك اربع طرق متوافرة لتقليل الكسب الحراري في النوافذ، أو أربع متغيرات هي جميعاً ضمن تحكّم المصمم:

١. التوجيه وحجم النوافذ.
٢. الستائر الداخلية، والبرادي.
٣. الزجاج الخاص.
٤. كاسرات الشمس الخارجية.

وسوف نناقش كل نقطة منها بالتفصيل في الفقرات التالية:

### ٤,٢,٥ التوجيه

انه لمن المجدي أن نقارن بين الاختلاف في شدة الأشعة الشمسية على سطح أفقي وعلى حائط عمودي، باتجاهات مختلفة على شكل رسم بياني، كما هو موضح لموقعين: خط عرض ١° جنوب، وخط عرض ٣٣° جنوب (الشكل ٥٠، ٥١). الأول مبني على قيم مقاسة والآخر على قيم محسوبة، وكلاهما يوضح القيم القصوى (بافتراض سماء صافية). وعدم الانتظامية في الشكل الأول سببها تأثير الغيوم. ومع ذلك فانه يمكن استنتاج الحقائق التالية من الشكلين البيانيين:

أ ) في كلا الموقعين، وخصوصاً بالقرب من خط الاستواء، فان السطح الأفقي يستقبل كثافة اكبر.

ب ) على خطوط العرض العليا، فان الحائط المواجه لخط الاستواء يستقبل الكثافة العالية الساقطة في الشتاء (عندما تكون أشعة الشمس منخفضة) ولكنها تستقبل كثافة قليلة جداً في الصيف.

جـ) وعلى خط الاستواء، فان الحوائط الشمالية والجنوبية تستقبل أقل كثافة ولفترة زمنية قصيرة من السنة.

د ) الحوائط الشرقية والغربية تستقبل ثاني أعلى كثافة على خط الاستواء، وكثافة كبيرة ثابتة حتى على خطوط عرض أعلى.

والنتيجة التي يمكن أن نخرج بها أنه في الموقع الذي يقع ضمن خط الاستواء، اذا كان هنالك رغبة في تلافي الكسب الحراري الشمسي، فان النوافذ الرئيسية يجب ان تواجه الشمال أو الجنوب. وفي المناطق التي تقع على خطوط عرض أعلى، فان التوجيه باتجاه يعاكس خط الاستواء سوف يستقبل شروق الشمس بنسبة أقل، ولكن قد يكون الحصول على بعض الكسب الحراري الشمسي في الشتاء، مرغوباً فيه، وعندما تكون الشمس منخفضة، فان التوجيه صوب خط الاستواء قد يكون مفضلاً. وفي كلا الموقعين، فان نوافذ قليلة والغرف التي ليست ذات اهمية كبيرة يجب أن توجه باتجاه الشرق أو الغرب. أن الكسب الحراري الشمسي باتجاه الغرب يمكن أن يكون، بشكل خاص، مبعث المتاعب؛ إذ أن كثافته القصوى تتوافق مع الفترة الزمنية ذات الحرارة القصوى في النهار.

اشتراط: إن الاستنتاج السابق صالح، حيثما تكون الشروط الأخرى متساوية. فاذا كان لا بد من الحصول على الرياح، او كان المنظر الجميل يمكن الانتفاع به.... الخ، فان هذه الاعتبارات يمكن ان تطغى على اعتبارات التوجيه بالنسبة للشمس احيانا.

**٤,٢,٦ الستائر والبرادي الداخلية**

لا تعتبر الستائر الداخلية والبرادي ذات أثر كبير في التحكم باشعة الشمس. إنها في الحقيقة توقف مرور الأشعة، ولكنها تمتص الحرارة الشمسية ويمكن أن ترتفع درجة حرارتها كثيراً. ويحمل جزء من الحرارة الممتصة بواسطة الهواء الى الفراغ الداخلي، وجزء آخر يشع. إن نصف هذا الاشعاع يشع الى الخارج، ولكن لما كانت موجته طويلة فانه يُمنع من ذلك بواسطة زجاج النافذة. ويكون الفراغ الضيق بين النافذة والستائر ذا حرارة عالية. ويسبب سطح الستائر الحار ازدياداً في معدل درجة الحرارة المشعة (MRT) فوق درجة حرارة الهواء.

وبشكـل عام فان معدل معامل الكسب الحراري*لنافذة ذات زجاج مفرد هو:

θ = ٧٢٪ بدون وحدات تحكم في أشعة الشمس

θ = ٥٥٪ بوجود ستائر معدنية [٥٨]، أي بواقع ١٧٪ تنزيل*.

٤،٢،٧ الزجاج الماص للحرارة

أما الأسطح المصمتة (غير المنفذة) فان جزءاً من الأشعة الساقطة يمتص والباقي ينعكس (٣،١،١٦).

وأما الأجسام المنفذة، فانها يمكن أن تمتص أو تعكس أو تنفذ. ويعبر عن نسبة الانفاذ، بعامل الانفاذية (t) (coefficient, transittance) وهكذا:

$$a + r + t = 1$$

إن النوافذ ذات الزجاج العادي تنفذ جزءاً كبيراً من الاشعة التي أطوال أمواجها ما بين ٣٠٠-٣٠٠٠ نم* أي أنه ينفذ الموجات المرئية والموجات تحت الحمـراء القصيرة، ولكنها تنفذ كمية قليلة جداً حول، أو خارج نطاق تلك الموجات. إن نفاذيتها مختارة وهذه الاختيارية الانفاذية يمكن تعديلها بتغير مكونات الزجاج لتقليل نفاذية الزجاج خصوصاً الأشعة تحت الحمراء، رغم أنها لا تؤثر على نفاذية الاضاءة (الشكل ٥٢). ويشار لمثل هذا الزجاج بالزجاج الماص للحرارة.

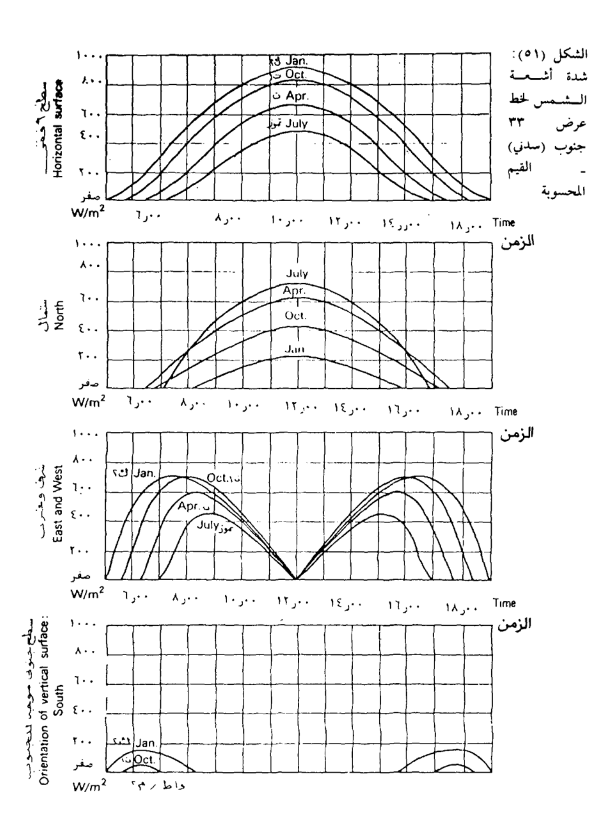
يمكن للنفاذية أن تقل من ٧٤٪ = t الى أقل من ٤٢٪ = t ولكن هنالك صعـوبة واحدة، وذلك أن تقليل النفاذية يصاحبها جزء ممتص يماثل ذلك، ولهذا فان كمية كبيرة من الحرارة تُمتَصُّ من الزجاج ويمكن ان تصل حرارته الى درجة عالية. وسوف يشع جزء من هذه الحرارة ويحمل جزء آخر بواسطة الهواء للخـارج وللداخـل، ولذلك فان التحسن الفعلي لهذا النوع من الزجاج لن يكون كبيراً مثل التقليل في النفاذية. وسوف تقل كمية الحرارة الداخلة، التي سمح لها بالدخول، أي مجموع الكسب الحراري من ٣٨٪ - ٦٨٪ كما هو موضح في الشكل (٥٣).

---

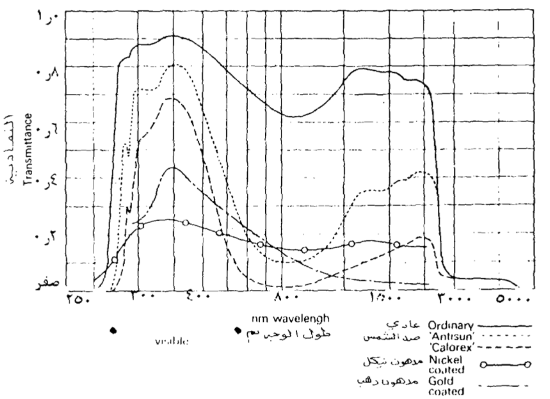
* معامل الكسب الحراري معرف في ٤-٢-٩.

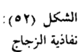
* لمزيد من المعلومات عن هذه الظاهرة راجع ارقام [٥٦]، [٥٨].

نـم = nanometer = $١٠^{-٩}$م




الشكل (٥١): شدة أشعة الشمس لخط عرض ٣٣ جنوب (سدني) - القيم المحسوبة



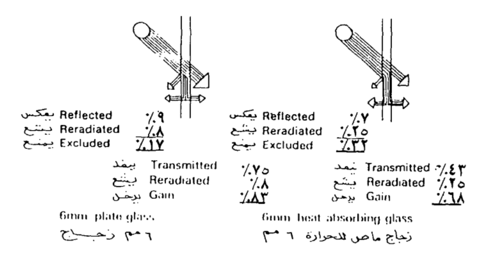


الشكل (٥٢):
نفاذية الزجاج

هنالك طريقة لتلافي هذا الامتصاص للكسب الحراري، وهي تثبيت الزجاج الماص للحرارة على بعد مسافة (٥ر٠ م - ١ م) أمام زجاج النافذة العادي. مما يقلل من الانتقال، كما أن الحرارة الممتصة سوف تبدّد من كلا الوجهين الى الهواء الخارجي. وأية حرارة مشعة باتجاه النافذة سوف تكون موجاتها طويلة، لا يسمح الزجاج العادي لنفاذها.

**٤,٢,٨ انواع أخرى من الزجاج الخاص**

بينما يحقق الزجاج الماص للحرارة نفاذية اختيارية وذلك بالاختيارية في الامتصاص، فان الزجاج العاكس للحرارة يحقق اختيارية نفاذية مشابهة وذلك بالاختيارية في الانعكاس [٦٠]. ويطّلي هذا النوع من الزجاج بطبقة رقيقة من المعدن (عادة ما تكون من النيكل أو الذهب)، تنفذ بواسطة تبخير تفريغ (Vaccum evaporation): ويظهر هذا التأثير في الشكل (٥٤). هذا الزجاج يمتص حرارة قليلة جداً، ولـذلـك فان التحسين في تقليل كمية الكسب الحراري الكلي يكون أكبر بكثير، ولكن، لسوء الحظ فان هذا النوع من الزجاج يكون باهظ الثمن. ويبين ملحق ٧ النفاذية الخاصة لمختلف أنواع الزجاج.

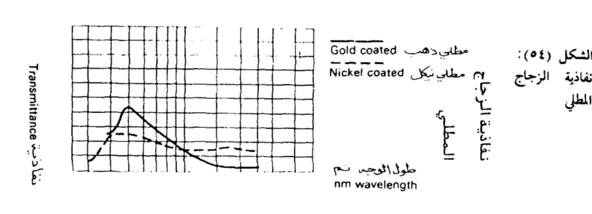
الشكل (٥٣):
الحرارة المنقولة
خلال الزجاج




لقد طُوّرت حديثاً عدة انواع من الزجاج الذي يتلون للاضاءة (Light-sensitive glasses) ، يحتوي على بلورات الهاليد (بلورات ملحية) التي لا تُرى بالمجهر العادي [٦١]، حيث تتلون بالسواد عندما تتعرض الى إضاءة قوية، وتعود فتصبح شفافة عندما تقل الاضاءة أو بزوال مصدر الضوء. لذلك فان نفـاذيتهـا تتراوح ما بين ٧٤ـ١٪. ويمكن أن يكون لهذا النوع من الزجاج مستقبل في التحكّم في الشمس عندما يطور أكثر ويصبح اقتصادياً.

إن قيم النفاذية والانعكاسية . . الخ المذكورة سابقاً وفي الملحق (٧) مستخدمة عندما تكون زاوية السقوط عمودية. ولكن عندما تكون زاوية سقوط الأشعة غير عمودية فان معامل النفاذية (t) يقل. أما بالنسبة للأشعة المنتشرة فان المعامل السابق لا يتأثر بزاوية السقوط.

الشكل (٥٤):
نفاذية الزجاج
المطلي



ولتحديد كمية الكسب الحراري خلال نافذة (شباك) فانه يجب تعيين مايلي :

٤,٢,٩ تأثير زاوية السقوط

| | |
|---|---|
| الطاقة الاشعاعية المباشرة الساقطة | Ia (W/m²) |
| الطاقة الاشعاعية المنتشرة الساقطة | Id (W/m1) |
| زاويـــــــة السقـــوط | $\beta$ |
| النفاذية لزاوية سقوط معينة | t |
| النفاذية للأشعة المنتشرة | t′ |
| الامتصاصية لزاوية سقوط معينة | a |
| الامتصاصية للأشعة المنتشرة | a⁻ |

ثم تجد مجموع المركبات التالية :

| | |
|---|---|
| الطاقة الاشعاية المباشرة × معامل النفاذية | $I_a \times t$ |
| الطاقة الاشعاعية من نصف كرة السماء × معامل النفاذية المنتشرة. | $\frac{I_d \times t}{2}$ |
| نصف الأشعة المباشرة الممتصة | $\frac{I_a \times a}{2}$ |
| نصف الأشعة المنتشرة الممتصة | $\frac{I_d \times a}{2} \times \frac{1}{2}$ |

- فوق الخطوط العليا يمثل الانعكاس (r)
- تحت الخطوط المنخفضة يمثل النفاذية (t)
- بين الخطين الرفيعين (الامتصاص)
- الى الأعـلى حتى الخط الثخـين - عامـل الكسب الشمسي شامـلاً النفاذية + جزء من الطاقة الممتصة المتجهة نحو الداخل.

فتكــــون

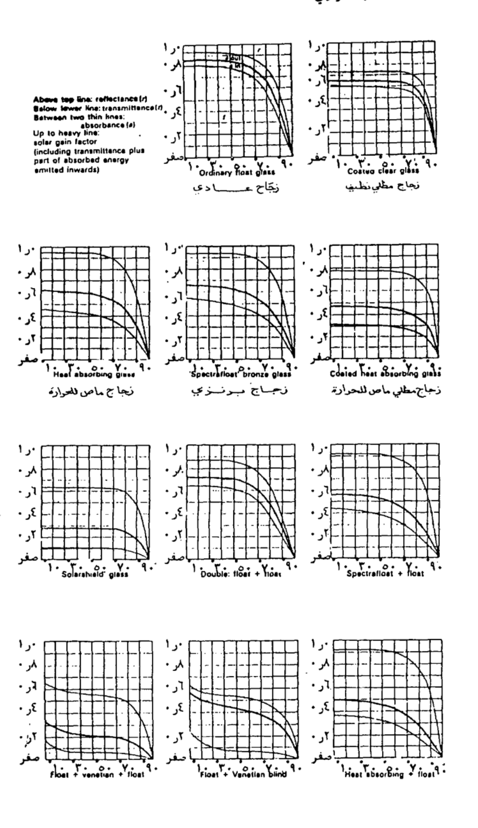
$$Q_s = A\left(I_a \times t + \frac{I_d \times t}{2} + \frac{I_a \times a}{2} + \frac{I_d \times a}{4}\right)$$

ولتبسيط طريقة الحساب المطولة السابقة، ادخلت فكرة معامل الكسب الحراري *solar gain factor* $(\theta)$

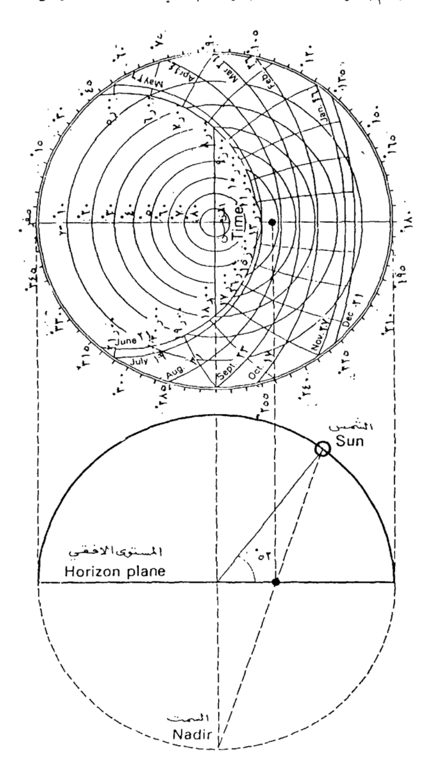
التي تعبر عن نسبة الحرارة الشمسية المسموح بها من قبل النافدة وباي معـان كانت. قيمـة هذا المعامل لزاويا السقوط المختلفة يمكن ايجادها من المنحنيات المبينة في شكل ٥٥ [60]، وتكون مجموع الاشعة الساقطة مضروبة بهذه القيمة $Q_s = A \times I \times \Theta$

كما هو موضح في ٣,٢,٤.

## الشكل (٥٥): معاملات الكسب الحراري



الشكل (٥٦): الاسقاط المجسم (خطوط الساعات مُعلَّمة بالتوقيت البريطاني حيث معدل وقت جرنتش ١٢ ظهراً)



لايجاد زاوية سقوط أشعة الشمس، يجب إيجاد موقع الشمس بالنسبة لواجهة المبنى، في المكان والزمن المحددين. ويمكن تحديد موقع الشمس في نصف الكرة السماوية بتحديد زاويتين:

زاوية الشمس العمودية : Solar altitude angle $\gamma$

أي زاوية العمودية في نقطة المراقبة بين المستوى الأفقي وبين الخط الواصل بين الشمس والمراقب.

زاوية الشمس السمتية : Solar azimuth angle (a)

٤:٢،١٠ أماكن الشمس

أي الزاوية في نقطة المراقبة، المقاسة على المستوى الافقي بين اتجاه الشمال وبين نقطة على الدائرة الافقية حيث تتقاطع مع قوس الدائرة العمودية في خط يمر بالسمت وموقع الشمس.

الزاوية السمتية للشمال = صفر او ٣٦٠°
الزاوية السمتية للشرق = ٩٠°
الزاوية السمتية للجنوب = ١٨٠°
الزاوية السمتية للغرب = ٢٧٠°. . . . الخ.

ويمكن أن تقاس هاتان الزاويتان مباشرة في أي يوم من أيام السنة وفي أية ساعة من اليوم من الرسومات البيانية الخاصة بممرات الشمس، والمعطاة في الملحق ٨.

هنالك عدة طرق لتمثيل حركة الشمس الظاهرية ذات البعدين، ولكن طريقة الاسقاط، المعروفة باسم الطريقة المجسمة، قد اختيرت هنا لشيوع استعمالها. ويمثل الشكل ٥٦ طريقة الاسقاط: اختيرت نقطة نظير الشمس (nadir) كمركز للاسقاط، وأسقط موقع الشمس على نصف الكرة السماوية الظاهرة على المستوى الأفقي، والذي مثل بكرة افقية.

وقد وضحت ممرات الشمس المختلفة بواسطة مجموعة من المنحنيات الممتدة من الشرق الى الغرب (خطوط تغيير التاريخ) التي تتقاطع مع خطوط قصيرة تمثل خطوط الساعات وتمثل الدوائر المختلفة والمتحدة المركز مقياس الزوايا العمودية والمقياس الموضح على محيط الدائرة يعطي الزاوية السمتية.

مثـــال :

جد موقع الشمس على خط الاستواء الساعة ١٥,٠٠ في يوم ٢٢ كانون الأول

أ ) اختر الرسم البياني المعلّم عليه خط عرض صفر.

ب ) اختر الخط الذي يمثل يوم ٢٢ كانون الأول.
جـ) اختر الخط الذي يمثل الساعة ١٥,٠٠ وعلم تقاطعه على خط اليوم.
د ) اقرأ من الدوائر المتحدة المركز الزاوية العمودية ـ ٤٠°.
هـ) ضع حداً مستقيما بين مراكز الدوائر في الرسم البياني ماراً بالنقطة في الخطوة جـ الى المقياس على محيط الدائرة الخارجي واقرأ الزاوية السمتية ٢٣٩.

**٤,٢,١١ زاوية السقوط**

من هاتين الزاويتين، يمكن تحديد موقع الشمس بالنسبة لسطح الحائط وفي أي اتجاه (وبذلك فان زاوية السقوط) يمكن تحديدها.

المركبة الأفقية لزاوية السقوط ($\delta$) هي الفرق بين الزاوية السمتية للشمس والزاوية السمتية للحائط. اذا استعمل المثال السابق، وكان الحائط يواجه الغرب (٢٧٠°).

وتكون المركبة العمودية هي نفسها الزاوية العمودية للشمس xγs .

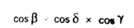
بالاشارة الى الشكل ٥٧، فان زاوية السقوط $\beta$ أي الزاوية ما بين الخط العمودي للحائط واتجاه الشمس ـ يمكن ايجادها باستعمال معادلة جيب التمام الكروية

وفي مثالنا :
جتا $\beta$ =جتا ٣١ × جتا ٤٠ = ٠ر٨٥٧٢ × ٠ر٧٦٦ = ٠ر٦٥٦٦
$\beta$ = ٤٩°

ونستفيد من هذه الزاوية في اختيار معامل الكسب الحراري المناسب في حسابات الكسب الحراري خلال النوافذ ولحسابات الأشعة الساقطة على أسطح مائلة، مثلما يحدث عند تحديد درجة حرارة الشمس ـ الهواء (Sol-air) .

ويجب ضرب شدة الأشعة المقاسة على سطح عمودي في اتجاه الاشعة في زاوية السقوط هذه (انظر ١,١,٥ ,١).

الشكل (٥٧): زاوية السقوط


$\cos\beta = \cos\delta \times \cos\gamma$

٤,٢,١٢ زوايا الظلال

ويمكن تحديد أداء عناصر التحكم في الظلال باستعمال زاويتين: زاوية الظل الأفقية وزاوية الظل العمودية. وكلاهما يقاس بواسطة خط عمودي على الواجهة، وتحددان الحدود، التي خلفها تحجب الشمس، ولكن في حدودهما يمكن للشمس أن تصل الى النقطة المعتبرة.

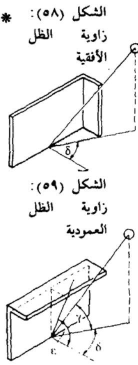
* زاوية الظل الأفقية (δ) التي توضح عناصر الظل العمودية (شكل ٥٨)، وهي الفـرق بين زاويةالشمس السمتية وزاوية الحائط السمتية التي هي نفسها المركبة الأفقية لزاوية السقوط.

* زاوية الظل العامودية (ε) التي تصف عناصر الظل الأفقية مثل اسقاط جزء أفقي طويل من الحائط، وهي تقاس على مستوى عمودي، وعمودي على الواجهة المعتبرة، (الشكل ٥٩) ويجب التمييز بوضوح بين زاوية الشمس العمـودية (γ وزاوية الـظل العمودية (ε). الأولى تصف موقع الشمس بالنسبـة للأفق، بينـما تصف الثانية أداء أحد عناصر الظل، وتتساويان عدديا فقط عندما تكون الشمس مقابل الحائط مباشرة (أي عندما تكون الـزاوية السمتية للشمس مسـاوية للزاوية السمتية للحائط ($a = \omega$) أي عندما يكون الفرق بين الزاويتين مساوياً صفراً ($\delta=0$). ولجميع الحالات الأخرى، أي عندما تكون الشمس مائلة عن الحائط من العمودية، فان زاوية الظل العمودية تكون دائماً أكبر من زاوية الشمس العمودية، لأنها تظل مؤثرة $\epsilon > \gamma$. ويمكن توضيح العلاقة بينهما كمايلي:

وبذلك، اذا عرفت أحدهما، فيمكن حساب الأخرى شريطة أن يكون الفرق بين الزاوية السمتية للشمس والحائط (δ) معروفة.

الشكل (٥٨): زاوية الظل الأفقية

الشكل (٥٩): زاوية الظل العمودية




γ = solar altitude angle
ε = vertical shadow angle
$\tan \epsilon = \tan \gamma \times \sec \delta$

وتعطي منقلة زوايا الظل (وهي موجودة في الغطاء الخارجي الخلفي للكتـاب وتستعمل مع منحنيات الشمس الموضحة في الملحق ٨) تعطي هذه الزوايا على مستوى أفقي باستعمال اسقاط ثلاثي الأبعاد، وبمقاس ممرات الشمس نفسها أو منحنيات الشمس. أو بتعبير أدق فان هذه المنقلة تبين الائتلافات المختلفة للفروق في الزوايا السمتية (δ) والزوايا العمودية للشمس (γ) حيث تكون زاوية الظل المعينة فعالة.

ويعـطي المقياس المحيطي زوايا الـظل الأفقية (δ) وحتى - ٩٠° لليسار و+ ٩٠° لليمين بالنسبة لخط المركز. وتبين الخطوط القوسية زوايا

الظل العمودية (ф ) من صفر°، التي تعطي الدائرة الأفقية، الى ٩٠°، والتي تعطي ذروة الشمس. فاذا وضعت فوق منحني الشمس (ملحق ٨) فان زوايا الشمس المناظرة يمكن أن تقرأ مباشرة.

ويبين الجدول التالي ملخصا للزوايا المستعملة في الفقرات المتقدمة.

| | |
|---|---|
| الزوايا بالرجوع الى علاقتها بالاحداثيات: | |
| زاوية الشمس العمودية (من الأفق) | γ |
| زاوية الشمس السمتية (من الشمال) | a |
| زاوية الحائط السمتية (التوجيه) | ω |
| الزوايا بالنسبة للحائط: | |
| الفرق في الزاوية السمتية (زاوية الظل الافقية) | δ |
| زاوية السقوط | β |
| زاوية الظل العمودية | ϵ |

٤،٢،١٣ عناصر الظل

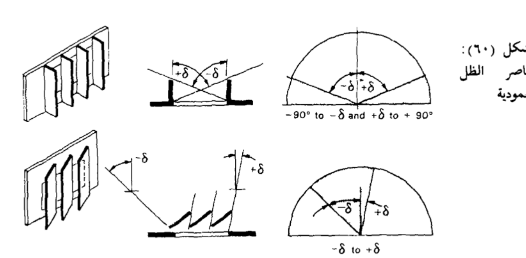
لقد نوقشت العناصر الداخلية تحت عنوان الستائر والبرادي (٤،٢،٦) وسنناقش هنا العناصر الخارجية. ويمكن تقسيم هذه العناصر الى ثلاثة أنواع أساسية:

١. العناصر العمودية.
٢. العناصر الأفقية.
٣. العناصر المصندقة (الأفقية والعمودية).

تتكون العناصر العمودية من عوارض (كالأباجور) أو زعانف بارزة بشكل عمودي. وتستعمل زاوية الظلال الأفقية (δ ) لقياس كفاءتها. ويمكن للعوارض أو الزعانف المتقاربة القصيرة، أن تعطي كفاءة العوارض المتباعدة الطويلة نفسها.

وباستعمال منقلة زوايا الظلال، يمكن بيان منطقة الظلال لعوارض معينة. وللعناصر العمودية (العوارض والزعانف) فان ذلك ما يعرف بالقطاع الخاص كما هو مبين في الشكل ٦٠. فاذا عمل هذا القطاع بمقاس المنقلة نفسها على ورق شفاف، يمكن أن توضع مباشرة فوق مخطط الشمس

الشكل (٦٠): عناصر الظل العمودية




المناسب، ويمكن أن تقرأ ساعات الظل لاحدى عناصر الظل (الأيام والساعات) مباشرة. وتعدُّ هذه الطريقة سريعة جداً لتحديد زوايا موقع الشمس.

وسوف يظهر فيما بعد أن هذا النوع من العناصر يكون أكثر كفاءة عندما تكون الشمس باتجاه جهة واحدة من الواجهة، مثل الواجهات الشرقية والغربية. واذا عملت عناصر عمودية لتعطي ظلال مؤثرة، اذا كانت الشمس مواجهة للحائط، فانها في هذه الحالة سوف تغطي النافذة كاملة.

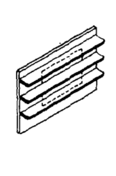
أما العناصر الأفقية فيمكن أن تكون مظلات، أو عوارض أفقية، أو ستائر معدنية خارجية. وتقاس كفاءتها باستعمال زاوية الظل العمودية (ε). وتحجب الظلال على شكل قطاع من دائرة كما هو موضح في الشكل (٦١). هذه العناصر الأفقية تكون مؤثرة بشكل أفضل عندما تكون الشمس مقابلة للمبنى وعلى ارتفاع كبير، كالحوائط الجنوبية والشمالية. أما اذا كانت الشمس منخفضة فان هذه العناصر يجب أن تغطي الشباك بأكمله، وتسمح بالنظر الى اسفل فقط.

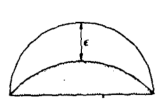
أما العناصر المصندقة فهي عناصر أفقية ورأسية مشتركة (الشكل ٦٢). ويمكن للوحدات الزخرفية والمخرمة أن تندرج تحت هذا النوع. يبين الشكل (٦٣) طريقة تحديد حجب الظلال لنوع متوسط من هذه العناصر. وهذه يمكنها أن تكون مؤثرة في أي اتجاه وذلك يعتمد على المقاسات التفصيلية.

**٤،٢،١٤ تصميم عناصر الظل**

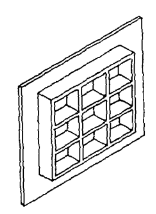
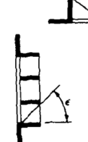
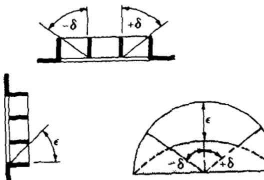
الخطوة الأولى، يجب تحديد الوقت الذي يحتاج فيه الى التظليل، في أي

الشكل (٦١):
عناصر الظل الأفقية

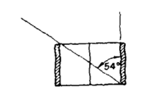


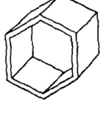
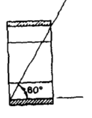


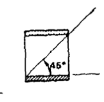
الشكل (٦٢):
عناصر الظل المصندقة

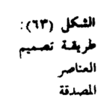
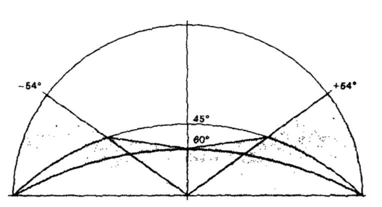





الشكل (٦٣):
طريقة تصميم العناصر المصدقة

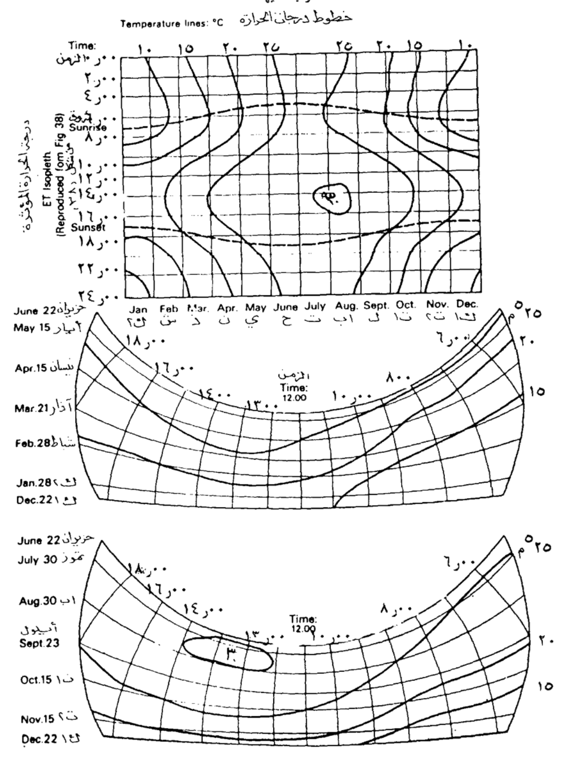




الشكل (٦٤) : تحويل الخطوط الكنتورية لدرجات الحرارة الى مخطط ممرات الشمس، لاعطاء درجة الحرارة الفعالة مركبة عليها



وقت من السنة وفي أي ساعات من النهار. وأفضل دليل لذلك هو تعريف الحرارة الفائضة. ويمكن أن يتم ذلك بسهولة تامة، اذا كانت معلومات المناخ موجودة. يمكن أن نرجع الى التحليلات المقدمة عن الحديث عن درجة الحرارة المؤثرة (ET)، والموضحة في الشكل (٣٦)، والتي توضح منحنيات درجات الحرارة اليومية وكخطوة منفصلة لكل فصل. وكبديل لذلك، يمكن عمل منحنيات درجات الحرارة الكنتورية، كما هو مبين في الشكل (٣٨).

ويمثل الأخير مجموعة من المحاور، الأفقية تبين خطوط الأشهر، والعمودية تبين خطوط الساعات، حيث تتصل النقاط ذات درجات الحرارة المتساوية بمنحنيات. وكذلك مخطط منحينات الشمس موضحة بخطوط أفقية تبين الأشهر (الأيام) والخطوط العمودية توضح الساعات، وبما أن هذه المنحنيات ليست خطوطا مستقمية فانها لا تؤدي الى أي اختلاف. ويمكن نقل الفترة الحارة في المخطط ثلاثي الأبعاد، مع الخطوط الكنتورية التي تمثل درجة الحرارة المؤثرة - يمكن نقلها الى مخطط ممرات الشمس (الشكل ٦٤).

وكما هو الحال في مخطط ممرات الشمس، حيث يمثل كل خط يومين مختلفين، ويمكن أن يقسم المخطط الكنتوري الى مخططين، أحدهما للاشهر من كانون الثاني حتى حزيران والآخر يمثل الأشهر من تموز حتى كانون الأول. يمكن لهذه المنحنيات أن توضع على ورق شفاف لاستعمالها في المستقبل.

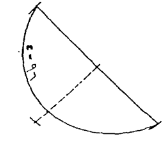
يجب ملاحظة أنه لا يمكن التقليل نهائيا من الكسب الحراري من أشعة الشمس، فانه ينصح لتحديد الفترة الحارة، من أجل أهداف تصميم الظلال وذلك باستخدام درجات الحرارة المتساوية، والمناظرة للمنطقة المحددة السفلى من منطقة الراحة عندما ندرس الظلال على واجهة مبنى سوف توضح في المسقط بدلالة خط يقطع مركز المخطط.

لقد تم توضيح الفترة الحارة على مخطط ممرات الشمس. تطبق منقلة زوايا الظلال فوق المخطط. يمكن قراءة الزاويتين الافقية (δ)، والعمودية (ε) اللتين توضحان الحجب الذي يغطي المنطقة الحارة.

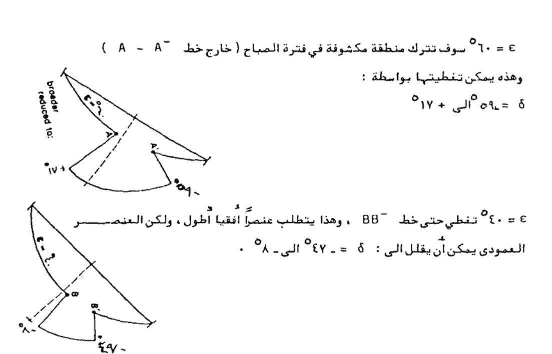
ε = ١٦ تغطي الفترة جميها.

الشكل (٦٥):
تطبيق حجب الظلال

لقد وضحت المنطقة الحارة على مخطط ممرات الشمس ٠ تطبق منقلة زوايا الظلال فوق المخطط ٠ يمكن قراءة الزاويتين الأفقية ( ε ) ، والعمودية ( δ ) اللتين توضحان الحجب الذى يغطي المنطقة الحارة ٠



ε = ١٦° تغطي الفترة جميعها




ε = ٦٠° سوف تترك منطقة مكشوفة في فترة الصباح ( خارج خط A⁻ - A )

وهذه يمكن تغطيتها بواسطة :

δ = -٥٩° الى + ١٧°

ε = ٤٠° تغطي حتى خط BB⁻ ، وهذا يتطلب عنصراً افقياً أطول ، ولكن العنصر العمودى يمكن أن يقلل الى : δ = - ٤٧° الى - ٨° ٠

$\epsilon$ = ٦٠° سوف تترك منطقة مكشوفة في فترة الصباح (خارج خط ‾A–A) وهذه يمكن تغطيتها بواسطة: $\delta$ = ٥٩° إلى + ١٧°

$\epsilon$ = ٤٠° تغطي حتى خط ‾BB ، وهذا يتطلب عنصراً افقياً اطول، ولكن العنصر العمودي يمكن ان يقلل الى: $\delta$ = ـ ٤٧° الى ـ ٨°.

وهذا تصحيح بسيط يمكن أن يعطي اقتصاداً أفضل

$\delta$ = ٦٠° مع

$\epsilon$ = ـ ٤٧° الى ـ ٨°.

وسوف يسمح بدخول الشمس في فترات قصيرة من كانون الأول ونيسان، موضحة بمنطقة مظللة.

أي أن جزءاً من المنطقة الحارة خلف هذا الخط يمكن تجاهله:
عندما تكون الشمس في هذه الأوضاع، فانها لن تسقط على الواجهة مجال البحث. إن تصميم عناصر التظليل المناسبة تعتمد أساساً على إيجاد منطقة حجب الظل التي تغطي الفترة الحارة (التي يتوجب حجب الشمس فيها عن النافذة) بشكل قريب من هذه المنطقة ومناسب قدر الامكان. يمكن استعمال اتحاد مختلف من زوايا الظلال الأفقية والعمودية لتحقيق الغرض نفسه. كما يمكن التجاوز في دخول الشمس لفترات قصيرة اذا كان لذلك مردود اقتصادي (الشكل ٦٥).

وفي حالة تحديد زوايا الظلال الضرورية، فان تصميم الشكل النهائي للعناصر (الانشائية) يكون سهلا وبسيطا، ويمكن أن تؤجل الى مرحلة متأخرة، حيث يمكن أن تعالج في ضوء اعتبارات أخرى، انشائية أو جمالية لها علاقة بالاضاءة النهارية أو بحركة الهواء.

## ٤,٣ التهوية وحركة الهواء

- ٤,٣,١ وظائف التهوية
- ٤,٣,٢ تزويد الهواء النقي
- ٤,٣,٣ التبريد المحلي
- ٤,٣,٤ ترتيبات التهوية : تأثير المدخنة
- ٤,٣,٥ التبريد الفسيولوجي
- ٤,٣,٦ ترتيبات لحركة الهواء: تأثير الرياح
- ٤,٣,٧ تدفق الهواء خلال المباني
- ٤,٣,٨ التـــوجيـــــه
- ٤,٣,٩ المظاهر الخارجية
- ٤,٣,١٠ التهوية التبادلية
- ٤,٣,١١ أماكن الفتحـــات
- ٤,٣,١٢ حجـــم الفتحـــات
- ٤,٣,١٣ التحكم بالفتحـــات
- ٤,٣,١٤ حركة الهواء والمطـــر
- ٤,٣,١٥ تدفق الهواء حول المباني
- ٤,٣,١٦ التحكم بالرطوبة

---

**٤,٣,١ أهداف التهوية**

يمكن دراسة التهـوية الطبيعية وحركة الرياح تحت عنوان «التحكم الانشـائي» لأنها ليست من أنـواع الطاقة المموّلة ولا من أشكال التجهيزات الآلية، ولكن نظراً لدورها في راحة الانسان، فانها بحاجة الى فصل مستقل.

إن للتهوية ثلاثة وظائف مختلفة هي :

١ . التموين بالهواء النقي
٢ . التبريد بالحمل
٣ . التبريد العضوي

هنالك اختلاف جذري في شكل التزويد بين الوظائف الأول والثّاني والثـالث. لذلك، يمكن اعتبار الأول والثّاني هدفين بقصد التهوية، ولكن الأخير يمكن اعتباره وظيفه مستقلة مثل حركة الهواء.

٤.٣.٢ تزويد الهواء النقي

إن متطلبات التزويد بالهواء النقي يحكمها نوع السكان والعدد ونوع النشاط، كما تخضع لطبيعة الأعمال والعمليات التي تجري في الفراغ - كما هو موضح في ما يتعلق بالتهوية الآلية (٤,١,٦) ويمكن لهذه المتطلبات أن تكون مشروطة في نظام الأبنية وقوانينها وفي كود البناء بشكل، م$^{3}$ / ساعة للشخص، أو عدد مرات تغيير الهواء في الساعة، ولكن هذه تكون قابلة للتطبيق في حالة التركيبات الآلية فقط. ومع ذلك فانه يمكن استعمال هذه المواصفات والاشتراطات كدليل للتهوية الطبيعية.

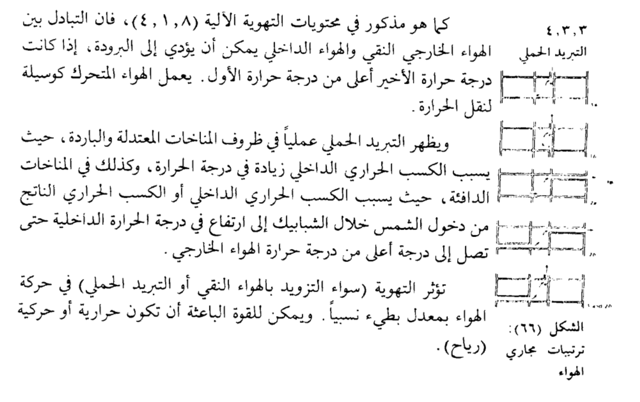
وعادة ما توصف بعض الحلول المحددة المتعلقة بالتهوية الطبيعية وليس الأداء المتوقع للتزويد بالتهوية المستمرة، أي أن الفتحات التي لا يمكن غلقها، يمكن ان تكون اجبارية. كما يمكن أن تكون على شكل شبكة أو طوب مخرم مبني في الحائط، أو تكون مساعدة للنوافذ أو مبنية عليها. ويكون حجم النوافذ القابلة للفتح مشروطاً، كعلاقته بمساحة الغرفة أو حجمها. والهدف من مجموعة هذه القوانين والقواعد هو ضرورة تأكيد التهوية، ولكن التطبيقات الفعلية لمثل هذه القوانين والقواعد عادة ما تكون غير كافية. ولتأكيد الأداء المرضي للتهوية، فان المبادىء الأساسية المتعلقة بالتهوية يجب أن تكون واضحة تماماً.

٤.٣.٣ التبريد الحملي

كما هو مذكور في محتويات التهوية الآلية (٤,١,٨)، فان التبادل بين الهواء الخارجي النقي والهواء الداخلي يمكن أن يؤدي إلى البرودة، إذا كانت درجة حرارة الأخير أعلى من درجة حرارة الأول. يعمل الهواء المتحرك كوسيلة لنقل الحرارة.

ويظهر التبريد الحملي عملياً في ظروف المناخات المعتدلة والباردة، حيث يسبب الكسب الحراري الداخلي زيادة في درجة الحرارة، وكذلك في المناخات الدافئة، حيث يسبب الكسب الحراري الداخلي أو الكسب الحراري الناتج من دخول الشمس خلال الشبابيك إلى ارتفاع في درجة الحرارة الداخلية حتى تصل إلى درجة أعلى من درجة حرارة الهواء الخارجي.

تؤثر التهوية (سواء التزويد بالهواء النقي أو التبريد الحملي) في حركة الهواء بمعدل بطيء نسبياً. ويمكن للقوة الباعثة أن تكون حرارية أو حركية (رياح).



الشكل (٦٦): ترتيبات مجاري الهواء

٤,٣,٤ ترتيبات التهوية: تأثير المدخنة

ويعتمد تأثير المدخنة على القوى الحرارية، الناتجة عن الاختلاف في الكثافة (الناتجة عن الاختلاف في درجات الحرارة) بين الهواء الداخلي والخارجي. يمكن أن تحدث هذه الظاهرة خلال نافذة مفتوحة (عندما يكون الهواء ساكناً). حيث يرتفع الهواء الدافىء الخفيف إلى أعلى ويتدفق الهواء البارد الأثقل الى أسفل. وهذا هو المبدأ نفسه في مولدات الهواء (١,١,٧). يمكن عمل ترتيب خاص لهذه الظاهرة على شكل مجرى للهواء. وكلما كان المجري أعلى كان مقطع العرض أكبر وكلما كان الاختلاف في درجات الحرارة أكبر ازدادت القوة الباعثة، وبذلك تزداد حركة الهواء.

وتكون القوة الباعثة مساوية للضغط في المدخنة أو المجرى مضروباً في مساحة المقطع (القوة بالنيوتن ـ والمساحة بالمتر المربع).

ويمكن حساب الضغط في المدخنة من المعادلة

$$P_s = 0.042 \times h \times \Delta T$$

حيث $P_s$ الضغط في المدخنة (stack Pressure) , $N/m^2$

h إرتفاع المدخنة m

T الأختلاف في درجات الحرارة deg C

ويكون الناتج ($N/m^3$ deg C)

وتستعمل هذه الطريقة في التهوية الداخلية والغرف عديمة النوافذ (الحمامات والمراحيض) في أوروبا. يبين الشكل ٦٦ بعض ترتيبات مجاري الهواء للبنايات متعددة الأدوار، باستعمال مجرى عمودي أو أفقي مفرد أو مزدوج. ويوضح الشكل ٦٧ دليلا سريعاً لايجاد حجم مداخن التهوية. مثل هذه الأنظمة تعمل جيداً في ظروف الشتاء حيث يكون الاختلاف في درجات الحرارة كافياً لتدفق الهواء.

٤,٣,٥ التبريد العضوي

عندما يمر الهواء حول سطح الجلد فانه يعمل على تشتيت الحرارة بطريقتين

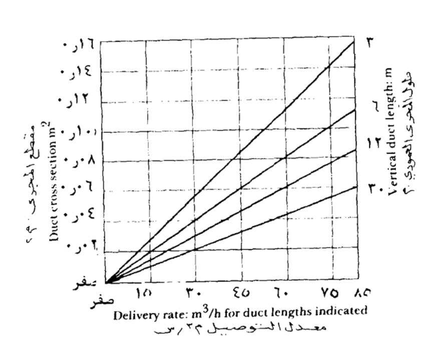
١. زيادة فقدان الحرارة بالحمل
٢. زيادة التبخير

توضح منحنيات المناخ الحيوي (الشكل ٢٩) ودرجة الحرارة المؤثرة (ET) (الشكل ٣٠ و٣١) تأثير التبريد الناتج عن حركة الرياح، وبعبارة أخرى مقدار ما يستطيع الانسان تحمله من درجات الحرارة العالية في حال وجود هواء بسرعة كافية.

وعلى سبيل المثال، باستعمال الشكل (٣٠): فان درجة حرارة مقدارها ٣٠°م (DBT) جافة، و٢٥°م (WBT) رطبة سوف تعطي درجة حرارة مؤثرة (ET) مقدارها ٢٧°م عندما يكون الهواء ساكناً (بسرعة أقل من ١ ,٠م/ث)، ودرجة حرارة مؤثرة مقدارها ٢٢°م عندما تكون سرعة الهواء ٧,٥ م/ث. أو باستعمال الشكل (٢٩): فان الحد العلوي لمنطقة الراحة في ظروف الرطوبة النسبية ٤٠٪ هو ٣٠°م عندما يكون الهواء ساكناً، وترتفع هذه الدرجة الى ٣٦°م إذا كانت سرعة الرياح ١م/ث.

وفي حالة الرطوبة المنخفضة (أقل من ٣٠٪) فان هذا التأثير لا يكون كبيراً، وذلك لوجود تبخير غير محدود حتى عندما تكون حركة الرياح بسيطة. وفي حالة الرطوبة العالية (أعلى من ٨٥٪) فان تأثير التبريد يكون مقيداً بضغط البخار العالي، الذي يمنع التبخير، ولكن إذا كانت سرعة الهواء عالية (أعلى من ٥ر١ - ٢م/ث) فقد تكون مؤثرة. ولهذا التأثير أهمية بالغة في ظروف الرطوبة المتوسطة (٣٥٪ - ٦٠٪).

وتزداد الحاجة للتبريد بحركة الهواء عندما تنعدم أشكال الحرارة المبددة حين يكون الهواء في درجة حرارة الجلد، وكذلك حرارة الأسطح المجاورة.




الشكل (٦٧): منحنى تصميم ممرات الهواء

٤،٣،٦ ترتيبات حركة الهواء: تأثيرات الرياح

إن تأثير القوى الحرارية نادراً ما يكون كافياً لايجاد حركة هواء معتبرة. إن القوى الطبيعية الوحيدة التي يمكن الاعتماد عليها هي تأثير حركة الرياح. وعندما يكون الهدف هو ايجاد حركة هواء داخلية، فان على المصمم أن يجتهد في الحصول على قدر ما يستطيع من الهواء. ويسهل التحكم السلبي عندما تكون الرياح كثيرة، وكانت النوافذ والفتحات قابلة للغلق.

لقد نوقش موضوع الرياح على مستوى المناخ الدقيق في الفصل (١ , ١) وقد وضح في حينه في القسم (١١ , ٤ , ١) كيف أن الظروف المحلية يمكنها تغيير نمط الريح على مستوى المناخ الدقيق. وهنا يجب أن نتابع هذه التحليلات ونخبر كيف يتأثر تدفق الهواء خلال مبنى ما وبأي العوامل.

وبالطريقة بنفسها، تولد الريح باختلافات الضغط ـ كذلك فان تدفق الهواء خلال مبنى ما نتج عن اختلاف في الضغط بين جهتين.

إن للهواء ـ رغم خفته ـ كتلة (حوالي ٢ , ١ كغم/م٣) وله عندما يتحرك كمية حركة، تنتج عن كتلته وسرعته (كغم م/ث). هذه كمية متجهة يمكن أن تغير من اتجاهها أو مقدارها بقوة اخرى فقط. وعندما يصطدم الهواء بحاجز ما كبناية أو نحوها، فان ذلك سوف يخفف من سرعة تدفقه مما يولد ضغطاً على سطح الحاجز. يتناسب مع سرعة الهواء، كما هو معبر عنه بالمعادلة التالية:

$$P_w = 0.612 \times V^2$$

حيث $P_w$ = ضغط الريح نيوتن/م٢ $(N/m^2)$

$V$ = سرعة الريح م/ث $(M/s)$

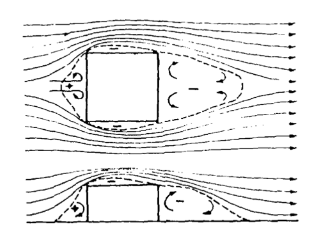
ويكون الناتج نيوتن ثانية ٢ م٤) ($Ns^2/m^4$) وينتج عن ذلك أن تتحول كتلة الهواء على شكل الاسفين باتجاه هبوب الرياح على المبنى، تحول بقية الهواء المتدفق إلى أعلى وإلى الجانبين. فتتكون طبقة بين الهواء الساكن والبناية من جهة، وبين الهواء المنساب من جهة أخرى. ويمكن لتدفق الهواء المنساب عن السطح أن يتسارع على الحاجز، ذلك لأن سطح التدفق قد ضاق بسبب الحاجز كما هو موضح في الشكل (٦٨). ويتحرك الهواء الساكن من على السطح العلوي في الطبقة الفاصلة نتيجة للاحتكاك، وبذلك تتكون دوامة ويضطرب الحال.

ونتيجة لطاقة الحركة المتواجدة في الهواء، فان تدفق الهواء المنساب يحاول

أن يحافظ على ممر مستقيم بعد الانحراف، لذلك فانه يحتاج إلى بعض الوقت ليعود إلى سطح الأرض بعد الحاجز، ليحتل جميع المقطع العرضي. ولهذا تتشكل كتلة من الهواء الساكن باتجاه عكس هبوب الرياح، ولكنه يكون قليل الضغط. وفي الحقيقة، فان هذا الهواء لا يكون ساكناً تماماً، بل تتكون دوامة، حركتها خفيفة ومتغيرة، وعادة ما يشار إليها بمنطقة ظل الريح.

نتيجة لذلك، تتكون الدوامات حيثما كان تدفق الهواء المنساب منفصلاً عن أسطح الأجسام الصلبة. وتكوّن الدوامات باتجاه هبوب الريح ضغطاً كبيراً وباتجاه عكس هبوب الريح ضغطاً منخفضاً. واذا كان للمبنى فتحات تواجه منطقة الضغط المرتفع وأخرى تواجه منطقة الضغط المنخفض، فان ذلك يؤدي إلى تحريك الهواء خلال المبنى.

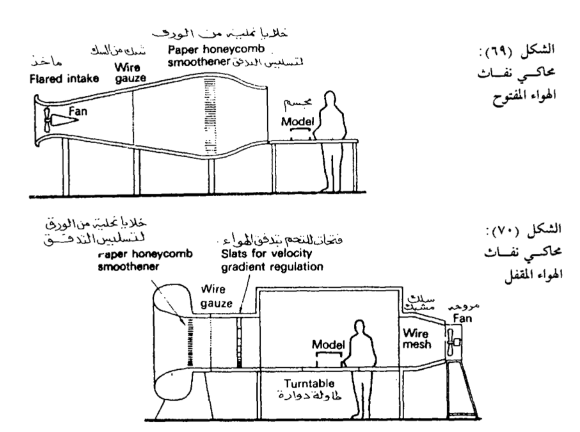
نظراً لعدم توافر نظرية مرضية شاملة، فان التنبوء بنمط تدفق الهواء ممكن استناداً الى أسس وقواعد عملية مستخرجة من قياسات مبانٍ حقيقية.



**الشكل (٦٨): منحني تصميم ممرات الهواء**

او باستعمال دراسات على مجسمات معرضة لنفق الريح (Wind Tunnel) ويمكن أن تعطي هذه القواعد العملية دليلاً معتبراً للمصمم. ولكن في الحالات الحرجة، فانه من المستحسن للمصمم أن يعمل نموذجاً مصغراً للمبنى ويختبره باستعمال نفق الهواء*.

* يجب عمل المجسمات بتفاصيل دقيقة. ويمكن لخطأ مقداره ٢ ـ ٣ مم أن يسبب تغييراً جذرياً في نمط هبوب الرياح.




الشكل (٦٩): محاكي نفاث الهواء المفتوح

الشكل (٧٠): محاكي نفاث الهواء المقفل

ويمكن لمحاكي نفاث الهواء أن يكون مفتوحاً الشكل (٦٩) أو نوع نفق الريح الشكل (٧٠). النوع الأول يستعمل في مدرسة نقابة المعماريين للعمارة وقد طوّر بالتعاون مع قسم ميكانيكا السوائل، بجامعة ليفربول. والآخر قد أحسن تمثيله بمجسم اقتصادي طور من محطة بحوث البناء (البريطانية) وقد وضح في الورقة الدورية رقم ١٩٦٨/٦٩ (BRS 69/1968) .

يمكن عمل مولد دخان للدراسات النوعية كما يمكن تصوير أثر الدخان. وهذا يعطي صورة مقنعة، لموقع تدفق الهواء المنساب والدوامات. ومع بعض الخبرة فان مُشغّل نفق الريح يمكنه أن يقدر نسب السرعات الناجمة عن أثر الدخان، بدقة مقبولة تماماً. وتؤخذ للتحليلات الكمية قياسات سرعات الهواء والضغط بأجهزة صغيرة على شبكة من النقط المحددة سلفاً. وعلى أسس وملاحظات تجريبية، يمكن عزل الحقائق التالية، التي تؤثر على تدفق الهواء في داخل الفراغات (على نمط التدفق وسرعاته):

أ ) التوجيه
ب ) المظاهر الخارجية
جـ) التهوية التبادلية
د ) موقع الفتحات
هـ) حجم الفتحات
و ) التحكم بالفتحات

وسوف نناقش كُلاً منها في الفقرات التالية:

٤.٣.٨ التوجيه يتولد أكبر ضغط على المبنى في الجهة المقابلة لمهب الريح عندما يكـون هبوبها متعامداً مع واجهته، كما ينجم عن ذلك اكبر سرعة ممكنة للريح داخـل المبنى. واذا بلغت زاوية هبـوب الريح ٤٥° بالنسبة لواجهة المبنى فان الضغط ينخفض إلى ٥٠٪.

لهذا، يجب على المصمم أن يتحقق من اتجاه هبوب الرياح السائدة من مخططات دورة الرياح* ويجب عليه توجيه المبنى بطريقة تكون فيها أكبر فتحاته باتجاه هبوب الريح.

وعلى أية حال فقد وجد في [٦٣] أن هبوب الرياح على المبنى بزاوية ٤٥°، يزيد من معدل سرعة هبوبها الداخلية، وبذلك يؤمن توزيعاً أفضل لحركة الهواء الداخلية. ويبين الشكل (٧١) ما توصل اليه جيفرني: السرعة النسبية (أخذت سرعة الهواء الطلق ١٠٠٪) مقاسة على ارتفاع ١,٢م فوق مستـوى الأرضية. ويعدّ ذلك منافياً للذوق السليم ونتائج أبحاث أخرى، ويمكن توضيح ذلك بالظاهرة التالية:

يوضح الشكل (٧٢أ) الخطوط الرئيسية لهبوب الرياح بشكل عمودي ٩٠° والشكل (٧٢ب) على زاوية ٤٥°. بالنسبة لمسقط أفقي لمبنى مربع الشكـل. وكما هو واضح في الحالة الثانية، فان أكبر سرعة تكونت على سطح المبنى المـواجه لهبوب الرياح، لذلك فان منطقة ظل الرياح تكون

---

* يحسن الحصول على معلومات عن اتجاه الريح في الفترة الحارة، وليس فقط دورة هبوبه في جميع الأوقات.

أوسـع، ويزداد الضغط السالب (تأثير السحب) ويزداد نتيجة لذلك تدفق الهـواء الـداخلي. وقـد ثُبتت مساحة فتحات المخارج في هذا الاختبار. بحيث تساوي المساحة القصوى الممكنة وبحيث يكون لقوى السحب أكبر تأثير. وقد برزت كأمر مسلم به لأنه في حالة فتحات المخارج الصغيرة، فان هذه الظاهرة سوف تقل إذا لم تعكس.

اذا كانت العـادة في اتجـاهـات الـرياح المفضلة أن تتعـارض مع اتجاهات الشمس المفضلة. ويفضل في مناطق خط الاستواء التوجيه باتجاه الشمال ـ الجنوب وذلك لتلافي الشمس المباشرة ولكن غالباً ما يكون اتجاه الرياح السائدة شرقية. إن فائدة المعلومات التي سبق ذكرها واضحة ويمكن أن تحل المتطلبات المتناقضة.

الشكل (٧١): تأثير اتجاه الرياح وحجم فتحات دخول الهواء على توزيع سرعة الرياح

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٨٦ | ٥٤ | ٣٠ | ٦٣ | ٧٧ |
| ٥٤ | ٢٩ | ٣١ | ٢٥ | ٦٣ |
| ٤٣ | ٣٢ | ٣٠ | ٣٤ | ٧٨ |
| ٤٩ | ٣٥ | ٣٥ | ٣٧ | ٧٨ |
| ٥٩ | ٣٤ | ٣٢ | ٣٠ | ٦٢ |

معدل: ٤٧٪

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٦٨ | ٣٦ | ٣٧ | ٣١ | ٧٢ |
| ٤٤ | ٤٤ | ٢٦ | ٢٩ | ٥٠ |
| ٣٧ | ٢٥ | ٢٩ | ٢٩ | ٣٦ |
| ٣٣ | ٢٥ | ٣١ | ٢٩ | ٣٠ |
| ٣٤ | ٢٩ | ٣١ | ٢٩ | ٣٧ |

معدل: ٣٥٪

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٣٤ | ٢٧ | ٣٩ | ٣٢ | ٤١ |
| ٣٢ | ٣٨ | ٥٦ | ٣٠ | ٦١ |
| ٣٩ | ٤٢ | ٦٩ | ٣٤ | ٥٢ |
| ٣٨ | ٣٢ | ٧٩ | ٣٣ | ٤٤ |
| ٣٨ | ٢٧ | ١٣٧ | ٣٠ | ٣٢ |

معدل: ٤٤٪

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٤٤ | ٣٥ | ٥٦ | ٦٧ | ٧٧ |
| ٥٦ | ٣٢ | ٣٠ | ٨٥ | ٨٨ |
| ٥٩ | ٣٢ | ٣٠ | ٨٥ | ٨٨ |
| ٦٧ | ٣٤ | ٤٣ | ١٠٢ | ١٠٩ |
| ٥٥ | ٥٢ | ٧٦ | ٧٨ | ١١٥ |

معدل: ٦٥٪

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٣٨ | ٣٢ | ٢٧ | ٥٢ | ١٢١ |
| ٤٢ | ٤٢ | ٢٩ | ٦١ | ١٢٨ |
| ٥٦ | ٣٥ | ٢٩ | ٧١ | ١٠٣ |
| ٥٦ | ٢٨ | ٤٨ | ٦١ | ١١٨ |
| ٥٧ | ٣٢ | ٥٦ | ٥٦ | ١٣٧ |

معدل: ٥٩٪

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٣٦ | ٢٤ | ٢٤ | ٢٨ | ٨٤ |
| ٣١ | ٢٦ | ٢٥ | ٢٤ | ٩٣ |
| ٢٩ | ٢٤ | ٢٧ | ٣٩ | ٧٨ |
| ٣٠ | ٢٧ | ٢٧ | ١٠٩ | ٢٨ |
| ٢٤ | ٢٨ | ٧١ | ١٥٢ | ٢٩ |

معدل: ٤٤٪

الشكل (٧٢): تأثير اتجاه هبوب الرياح على عرض منطقة ظلال الرياح

٤,٣,٩ المظاهر الخارجية

يجب تجنب ظلال الرياح المتكونة نتيجة حاجز ما، عند توقيع المبنى في الموقع وعند توقيع الفتحات في المبنى. ويكون تدرج سرعة الرياح أعمق في حالة الأسطح غير المنتظمة، كالمباني المتفرقة، والحوائط والأسوار، والأشجار (الشكل ٢٥) - ولكن، حتى في تدرج سرعات الرياح المعتدلة، كما هي الحال عند هبوبها فوق أرض منبسطة ومكشوفة، فانه يمكن للمبنى المنخفض أن يؤدي إلى سرعة في الرياح مشابهة لسرعتها لوهبّت على مبنى عال. ولهذا (أو لتجنب عوائق محددة) فان المبنى عادة ما يرفع على أعمدة.

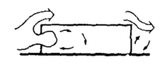
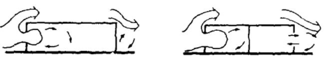
ويمكن للمظاهر الخارجية للمبنى نفسه أن تؤثر بشكل كبير على الضغط المتكون. على سبيل المثال، إذا كان اتجاه هبوب الرياح على مواجهة مبنى بزاوية ٤٥°، وكان هنالك حائط جانبي أو حاجز باتجاه الرياح أو اسقاط جناح لمبنى على شكل (L) فان ذلك يضاعف الضغط الموجب المتكون. ويمكن لهذه الظاهرة الشبيهة بظاهرة المدخنة أو القمع أن تتكون على الرفاريف العلوية للسطح. وأي امتداد لمساحة الواجهة المقابلة للرياح يؤدي إلى مزيد من الضغط المتكون. وإذا كانت المسافة بين بناتين مسدودة بحائط مصمت، فان ذلك يؤدي إلى تأثيرات مشابهة.

ويمكن أن تزداد سرعة الرياح كثيراً بين صفوف الأشجار ذات القمم العريضة، التي تعزى للأسباب السابقة نفسها. أما إذا انعكست الأحوال السابقة فان الضغط يقل وإذا كان حائط جانبي أو اسقاط لجناح مبنى على شكل (L) في اتجاه عكس هبوب الرياح، بالنسبة للنوافذ المعتبرة، فان الضغط يقل وربما حدث ضغط سالب أمام الشباك.

٤,٣,١٠ التهوية العرضية

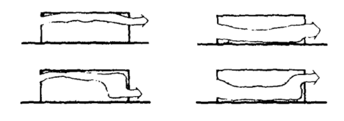
يوضح الشكل (٧٣) كيف أنه في غياب فتحات مخارج أو عندما يكون الحائط مصمتاً فلن يكون هناك تأثير لحركة الهواء خلال المبنى [٦٤] ولو كانت الرياح قوية. وعندما تكون الفتحات فيها باتجاه هبوب الريح وليس لها مخارج فان ضغطاً مشابهاً للضغط أمام المبنى سوف يتكون في الداخل، الأمر الذي قد يؤدي إلى ظروف مزعجة سيئة. وفي بعض الحالات يتغير الضغط المتأرجح وهذا يعرف بالارتجاج. ويمكن لهذا أن يحدث أيضاً إذا كانت الفتحات في الواجهات المعاكسة للرياح إن كانت بلا مخارج.

الشكل (٧٣): النقص في التهوية العرضية

وبفقد الهواء المتدفق كثيراً من حركته كلما انحرف حول حاجز ما أو فوقه، وقد توقف الانحناءات القائمة، مثل الحوائط الداخلية أو الأثاث في ءرفة ما، تدفق الهواء الضعيف الحركة (أو الريح اللينة) [٦٥]. اما اذا كانت القسامات الداخلية ضرورية، فيمكن الحصول على بعض تدفق الهواء إذا استخدمت القسامات المخرمة مرتفعة عن الأرضية ودون السقف.

الشكل (٧٤): تأثير موقع الفتحات



٤,٣,١١ مواقع الفتحات

حتى يكـون الهـواء مؤثـراً، فلا بد من أن يكون اتجاهه إلى سطح الجسم، وهذا يعني أن تكون حركة الهواء في المبنى مؤكدة في الفراغ الذي يستخدمه سكان المبنى لأغراض المعيشة (حتى ارتفاع ٢م). وكما هو موضح في الشكل ٧٤، إذا كانت فتحات مداخل الهواء مرتفعة، فان تدفق الهواء يحدث قريباً من السطح وليس في منطقة المعيشة. بغض النظر عن موقع فتحات المخارج.

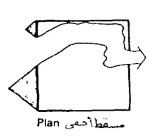
إن القيمة النسبية للضغط المتكوّن أمام مساحة مصمتة من نافذة ما (والتي بدورها تعتمد على حجم الفتحات وموقعها) تتحكم في اتجاه مجرى الهـواء الداخلي، وهذا لا يعتمد على موقع فتحات خروج الهواء. ويبين الشكـل (٧٥) أن سطحـاً مصمتاً واسعاً يخلق ضغطاً مرتفعاً، وهذا يدفع مجرى الهواء باتجاه معاكس، في المسقط والمقطع. ونتيجة لذلك، فان تدفق الهواء في الطابق الأرضي من مبنى يتكون من طابقين، يمكن أن يكون مرضياً الشكل (٧٦) أما في الدور العلوي فقد يكون موجهاً باتجاه السقف. ويمكن أن يعالج ذلك بزيادة حائط الشرفة العلوي.

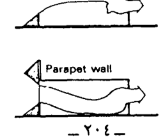
٤،٣،١٢ **حجم الفتحات** تحسب سرعة الهواء القصوى على واجهة ذات مساحة معينة ـ قوة الهواء الكلية معلومة (الضغط × المسافة) ـ من خلال فتحة صغيرة لادخال الهواء وفتحة واسعة لخروجه وهذا يُعزى جزئياً الى مقدار القوة الكلية العاملة من خلال مساحة صغيرة، حيث يجبر الهواء بالمرور خلال الفتحة بضغط عال وجزئياً الى ظاهرة فنتوري (لقياس كمية السائل المتدفق): عند توسيع المدخنة (المصرف الوهمي الذي يربط مدخل الهواء الصغير بالمخرج المتسع) تتمدد الممرات الجانبية لنفاث الهواء بشكل أكبر، مما يزيد في تسارع الذرات.

إن مثل هذه الترتيبات يمكن أن تكون مفيدة اذا أريد توجيه تيار الهواء (كما لو ركزت باتجاه جزء معين من الغرفة). وعندما تكون فتحة الدخول متسعة، فان سرعة الهواء خلالها تكون أقل، ولكن المعدل الكلي لتدفق الهواء (حجم الهواء المار في وحدة الزمن) يكون أكبر، ويفضل استخدام فتحات واسعة لدخول الهواء عندما يكون اتجاه الرياح متغيراً، أو عندما نريد تحديد تدفق الهواء خلال الفراغ الكلي.

إن الحل الأمثل هو الاكثار من الفتحات في الواجهتين مع استخدام وحداث تحكم بحيث يمكن تغيير مساحة الفتحات والعمل على توجيه تدفق الهواء بالاتجاه المطلوب حسب تغير اتجاه هبوب الرياح.

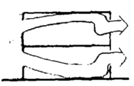
٤،٣،١٣ **التحكم بالفتحات** ويتأثر تدفق الرياح في الفراغات باطارات او بروزات الفتحات، والمظلات، وكاسرات الشمس وغيرها مما يتحكم بالفتحات والاطارات. وقد توجه اطارات الفتحات للهواء المتدفق الى أعلى. ويمكن اعادة توجيه تدفق الهواء الى منطقة المعيشة وذلك بعمل إطار محوري متحرك (الشكل ٧٧). وقد تقلل المظلات الضغط المتكون فوق النافذة، ولذا فان الضغط أسفل النافذة سوف يوجه تدفق الهواء الى أعلى. واذا ترك فراغ بين المظلة والمبنى فان ذلك سوف يوجه الضغط الى أسفل باتجاه منطقة المعيشة الشكل (٧٨).




**الشكل (٧٥): الضغط المتكون على المداخل**

الشكل (٧٦): تدفق الهـواء في بناية من طابقين



وقد تسبب النوافذ والأباجورات وعناصر الظلال مشكلة واذا كان توقيع الشفرات الى أعلى قليلا يؤدي الى توجيه الدفق الى منطقة المعيشة (بحدود ٢٠° الى أعلى من الأفقي) (الشكل ٧٩).

الشكل (٧٧): تأثير الاطارات (العضاءات)

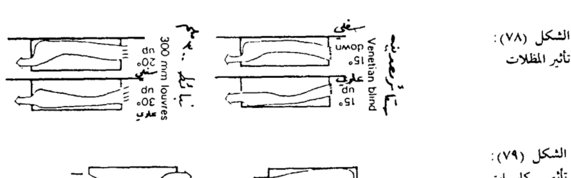


إن المنخل المستخدم كمانع للذبّاب والبعوض يُعَدُّ ضرورة مطلقة ليس فقط في المناطق التي تنتشر فيها الملاريا، ولكن أيضاً اذا استخدم أي نوع من الاضاءة في الداخل، ليلا. وبدون ذلك، فقد تتجمع الآف الحشرات حول المصباح. تقلل هذه المناخل أو الستائر من تدفق الهواء كثيراً، يمكن لمنخل من القطن أن يقلل من سرعة الهواء حوالي ٧٠٪. والأفضل من الستائر القطنية شبكة أو ستارة مستوية من النايلون، لأنها تقلل من سرعة الرياح بحدود ٣٥٪. ويكون التوهين في سرعة الرياح أكبر في السرعات العالية ويزداد أيضاً بازدياد زاوية السقوط، كما هو موضح في نتائج كونسبرجر وغيره [١٠].

هبوب باتجاه متعامد على الواجهة الهبوب على زاوية ٦٧,٥°

| السرعة الخارجية م/ث | السرعة الداخلية ٪ ث | التخفيض ٪ | السرعة الداخلية م/ث | التخفيض ٪ |
|---|---|---|---|---|
| ٠,٧٥ | ٠,٤٩ | ٣٥ | ٠,٤٠ | ٤٧ |
| ١,٢٣ | ٠,٨٧ | ٢٩ | ٠,٧٥ | ٤٠ |
| ٢,٥٠ | ١,٣٣ | ٣٠ | ١,- | ٦٠ |
| ٣,٣٠ | ١,٧٩ | ٤٧ | ١,٣٣ | ٥٠ |
| ٣,٨٠ | ٢,٦٤ | ٤٦ | ٢,٢٣ | ٤٣ |
| معدل | | ٣٧,٤ | | ٥٠,- |

الشكل (٧٨): تأثير المظلات




الشكل (٧٩): تأثير كاسرات الشمس

**٤،٣،١٤ المطر وحركة الهواء**

ليس من الصعوبة استثناء المطر ولا تؤثر الاحتياطات المتخذة لمنع المطر في تزويد المبنى بالهواء. ولكن الاثنين معاً، اي منع المطر والتزويد بالهواء، ليست مهمة سهلة. ان فتح النوافذ في فترات هبوب الرياح الماطرة سوف يسمح بدخول ذرات الماء، بينما قفل النوافذ يجعل المناخ الداخلي لا يطاق. ان الاباجورات او الكاسرات التقليدية ليست مرضية لسببين:

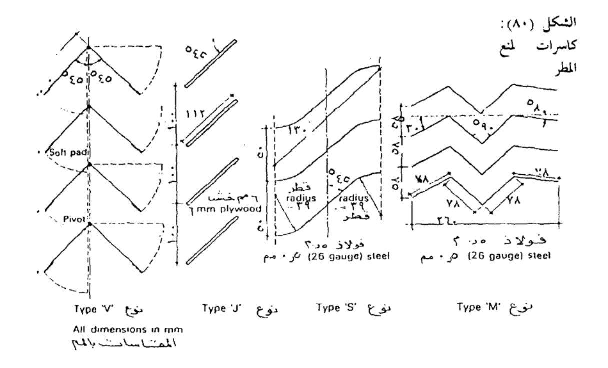
١ . إن الهـواء القـوي يدفع بالمطر للداخل، وحتى باتجاه أعلى خلال الاباجورات أو الشفرات.

٢ . إن حركة الهواء سوف توجه، إلى أعلى بعيداً عن منطقة المعيشة.

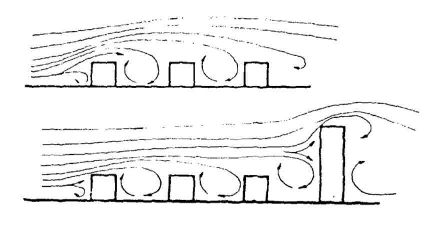
ربما تكون البرندات والشرفات البارزة فوق الأبواب والشبابيك هي أفضل طريقة تقليدية للحماية.

لقد أجريت بعض الاختبارات من كونسبيرجر، ميللير وكوستوبولس [٩] لاختبار أربعة من الكاسرات (الشكل ٨٠). وقد وجد أن النوع (M) فقط هو القادر على منع المطر من الدخول ولو وصلت سرعة الرياح ٤م/ث، في الوقت الذي تسمح فيه بتدفق الهواء أفقياً إلى المبنى. ويتراوح النقصان في سرعات الرياح ما بين ٢٥٪ و٥٠٪.

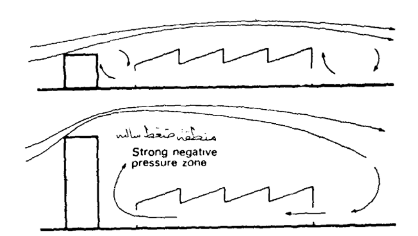
الشكل (٨٠):
كاسرات لمنع المطر




الشكل (٨١):
انفصال تيار الهواء على واجهات المباني



وقد أجريت مجموعة من الدراسات في استراليا [٦٧]، على بعض المباني الصناعية غير المرتفعة أدت الى نتيجة مدهشة وهي أنه اذا وقعت بناية غير مرتفعة في ظل رياح لمبنى مرتفع (الشكل ٨٢)، فان الزيادة في ارتفاع المبنى المرتفع (الحاجز) سوف تزيد من تدفق الهواء خلال المبنى المنخفض باتجاه معاكس للهواء. وسوف يمر الجزء السفلي من الدوامة خلال المبنى.




**الشكل (٨٢):**
**تدفق معـاكس**
**خلف بناية عالية**

وفي تكساس [٦٨] أجريت مجموعة من الاختبارات لايجاد امتداد منطقة الاضطراب الهابط، فوجد أنها تعتمد على حجم المبنى، والشكل وميول السقف، ولكنها عملياً لا تتأثر بسرعة الرياح.

وقد كانت نتائج الاختبارات التي أجريت في نقابة المعماريين ـ قسم الدراسات المدارية مايلي:

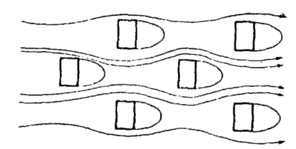
أ ) اذا وضعت مجموعة من المباني بارتفاع طابق واحد، في منطقة ريفية مفتوحة في صفوف على شكل شبكي، فان منطقة هواء ساكن تتداخل مع منطقة الهواء الساكن في الصفوف التالية (الشكل ٨٣). وتحتاج الى مسـافة مقدارها ستة أضعاف ارتفاع المبنى لتحقيق حركة هواء تكفي الصفـوف التـالية. ولهـذا فان قاعدة التباعد بخمسة أضعاف الارتفاع ليست مرضية تماماً.

'Wind shadow'
منطقة ظل هوى

**الشكل (٨٣):**
**تدفق الهواء في**
**موقـع عام عل**
**شكل شبكي**

ب ) وفي ظروف مشابهة، اذا كانت البنايات مرتبة بشكل متعرج (شكل مربعات متخالفة)، فان حقل تدفق الهواء يكون أقرب للتشابه، وتتقلص مناطق الهواء الساكن تقريباً (الشكل ٨٤).

**الشكل (٨٤): تدفق الهواء، موقع عام على شكل مربعات متخالفة**



**٤,٣,١٦ التحكم بالرطوبة**

إن ازالة الرطوبة ممكنة بالوسائل الآلية فقط (٤,١,١٣) وبدون ذلك، يمكن تخفيفها قليلا بواسطة حركة الهواء في المناخات الدافئة الرطبة. ويمكن أن تكون إزالة الرطوبة ضرورية أيضاً في المناخات الحارة الجافّة، حيث يمكن ان يقترن ذلك بالتبريد الناتج عن التبخير. وعادة ما يقفل المبنى في هذه المناخات للمحافظة على الهواء البارد الموجود في البناية، الذي يحتوي على سعة حرارية عالية، وكذلك لاحتجاز الرمل والبخار العالق بالرياح. وعليه فان بعض الهواء ضروري لفراغات المبنى.

وتؤدي جميع الوظائف التالية:

التحكم بالهواء المموّل.

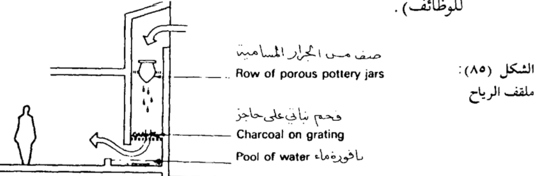
تنقية الهواء من الرمال والغبار.

التبريد بالتبخير.

إزالة الرطوبة.

بواسطة عنصر معماري يستعمل في بعض أجزاء مصر [٦٩] - ملقف الرياح (Wind scoop). ويوضح الشكل ٨٥ مثالاً لذلك؛ إذ تقوم الفتحة العليا بادخال حركة الهواء فوق السطح في المناطق المزدحمة بالعمران. ويتبخر جزء من الماء الذي يرشح من الجرة، وبعض ذرات الماء تنزل الى الفحم النباتي الموجود على الحاجز المشبك، ومن خلال ذلك فان الهواء ينقى. ويساعد الهواء البارد حركة الهواء إلى أسفل - تأثير معاكس لفكرة المدخنة.

إن هذا العنصر مفيد جداً للتهوية (الفوائد الأربعة السابقة) ولكن ليس من المتوقع أن تتكون حركة هواء قوية للتبريد الفسيولوجي (الملائم للوظائف).




**الشكل (٨٥):**
**ملقف الرياح**

وفي الهند تعلق بعض أنواع الستائر المصنوعة من أعشاب خاصة (Cascas) أمام النوافذ التي تواجه هبوب الرياح. وتبتل هذه الستائر برش الماء عليها من حين لآخر. ذلك أن العشب ماص للرطوبة ويحافظ عليها لفترة كبيرة. ويبرد الهواء الذي يمر خلال هذه الحصيرة ويرطبه.

وفي السنوات الأخيرة استخدمت حصر من عشب الكاسكاس تعلق عليها أنابيب مخرمة للمحافظة عليها مبتلة طول الوقت. ويستخدم المعماريون (في فلسطين المحتلة) طوباً مسامياً مخرماً على شكل خلايا النحل، ويضعون في اعلاها أنبوبة مياه مخرمة للهدف السابق. ويمكن تمويل أنبوبة الماء بواسطة حوض يعبأ آليا، شبيه بصندوق الطرد المزود للمراحيض.

**إن المبرد الصحراوي الذي تمّ تطويره في دلهي (الهند)، يتكون من هيكل مكعب الشكل، أطوال جوانبه ما بين ٥٠٠ مم الى ٦٠٠مم. ويشكل الجزء العلوي والسفلي خزانين ضحلين أما الجوانب فمغطاة بحصيرة من عشب الكاسكاس، مغمور أعلاها في الخزان العلوي. ويرشح ماؤه من خلال الحصيرة الى الخزان السفلي. وفي الصندوق مروحة تشبه مروحة الطاولة، حيث تدفع الهواء خلال الحصيرة، فتبردها وترطبها. ويمكن ربط مضخة صغيرة بمحرك المروحة لرفع الماء الزائد مرة أخرى الى الخزان العلوي. واذا ما ثُبّت هذا الصندوق في نافذة أو قريباً منها، فانه يكون مؤثراً خلال فترة الجفاف الفصلي. ولا يستعمل في فترة الرياح الموسمية.**




# الضـوء والاضـاءة

- ٥,١ مبادىء الضوء
- ٥,٢ الاضاءة النهارية
- ٥,٣ تقنيات التنبؤ

## ٥,١ مبادىء الضوء

٥,١,١ مقدمة
٥,١,٢ طبيعة الضوء
٥,١,٣ انتقال الضوء
٥,١,٤ الانعكاس
٥,١,٥ الضوء الملون
٥,١,٦ نظام مونسل
٥,١,٧ الكميات الضوئية
٥,١,٨ الاستنارة
٥,١,٩ الاستنارة اللاإتجاهية
٥,١,١٠ الفعالية الابصارية
٥,١,١١ كمية الاستنارة
٥,١,١٢ الحقل الابصاري
٥,١,١٣ نوعية الاستنارة

٥,١,١ مقدمة

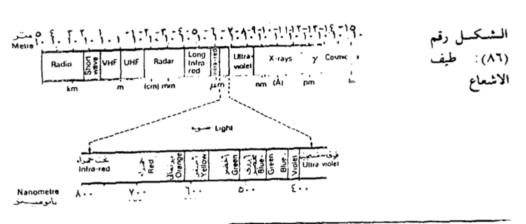
اذا اعتبر المبنى من حيث غلافة كفاصل بين البيئة الداخلية الممكن التحكم بها، وبين الظروف الخارجية التي قد تكون غير مرغوبة، فانه يجب إدراك كون ذلك الغلاف قابلا للاختيار، أو ربما مرشحاً (Filter) يستبعد التأثيرات غير المرغوبة، وينفذ التأثيرات المرغوبة التي منها ضوء النهار.

ربما تكون الرؤية أهم منفذ يتصل الانسان من خلاله بالبيئة. حيث تثار العين بوساطة الضوء المنعكس عن الأجسام وبذلك يكون ضرورياً للرؤية. ويمكن إنتاج الضوء اصطناعياً (مثل الضوء الكهربائي) إلا أنه إذا أمكن الحصول على الضوء بدون مقابل فانه يجب استعماله. يكون مصدر الضوء في الاضاءة الاصطناعية خاضعاً لتحكم المصمم (أو المستعمل) بينما يكون في الاضاءة النهارية (الشمس والسماء) معطى. فاذا كان التحكم لازماً فإنه يجب أن يقع على الانتقال لذلك الضوء وتوزيعه.

إن الاضاءة الاصطناعية، بوجه خاص، مستقلة عن موضعها وعن الطقس أو حتى عن صناعة المبنى، وعلى كل حال، فان الاضاءة النهارية

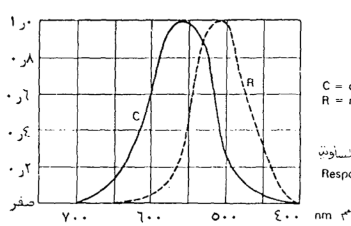
تعتمد على الظروف السائدة في الخارج، ويكون التحكم بها ممكناً بوساطة المبنى ذاته. ، ولذلك فان هذا الباب يتعامل مع ضوء النهار وضوء الشمس، بينما يرد ذكر الاضاءة الكهربائية عندما تتعلق بالاضاءة النهارية فقط أو عندما يتعلق الأمر بتأثيرها الحراري.

إن المصدر المطلق لضوء النهار هو الشمس التي نستلم منها كمية كبيرة من الاشعاع الحراري جنباً الى جنب مع الضوء. وعندما تكون الشمس ساطعة تكون الاستنارة الناتجة عنها ١٠٠ كيلولكس وتكون شدة الاشعاع الحراري حوالي ١ كيلو واط/متر مربع (انظر ٢, ١, ١) [69a]. وفي المناخات التي تنخفض فيها درجة الحرارة، أي عندما يكون التسخين الزائد غير محتمل الحدوث فان الاعتبارات الحرارية تكاد تمثل الضوء النهاري المسموح بدخوله. أما في المناطق الاستوائية فالحالة ليست سهلة تماماً حيث يصاحب نفاذ كمية كبيرة من ضوء النهار للمبنى حرارة مشعة قد تكون هائلة. وبذلك تكون مهمة المرشح (غلاف المبنى) أكثر أهمية ولذلك يجب محاولة السماح بمرور كمية محدودة من الحرارة بينما يسمح بمرور ضوء النهار للمبنى*. وفي المناخات الحارة فان الاعتبارات الحرارية تمثل كمية الضوء الذي يمكن السماح بمروره، ويعني ذلك وجوب وجود فرق جوهري في التصميم التمهيدي للاضاءة بضوء النهار كما سيرد في البند رقم (٦, ٢, ٥).




الشكل رقم (٨٦): طيف الاشعاع

* إن شبكة العين لها من أجهزة الاستقبال: حوالي ٦,٥ مليون خلايا مخروطية تستقبل اللون وأكثر من ١٠٠ مليون خلايا جبلية، تستقبل الأبيض والأسود فقط، ولكنها حساسة لكميات ضئيلة جداً من الضوء.




شكل رقم ٨٧:
الحساسية الطيفية
لعين الانسان

ومن أجل معالجة شاملة لسيكلوفيزيائية الرؤية على القارىء أن يرجع لمراجع أخرى [70 ]، [72 ] وعلى كل حال فانه من الضروري مراجعة بعض المبادىء الأساسية مثل وصف طرق تصميم الاضاءة بضوء النهار، ومثل تلك الطرق التي طورت للمناخات المعتدلة سيتم وصفها ثم اختبارها لأي درجة يمكن تطبيقها على الظروف الاستوائية.

٥,١,٢ طبيعة الضوء

ما يدرك من الضوء بواسطة الانسان هو نطاق ضيق من أطول الموجات من الاشعاع الكهرومغناطيسي ما بين حوالي ٣٨٠ نانومتر، ٧٨٠ نانومتر (نانومتر واحد يساوي ١٠$^{-٩}$م) وكما هو مبين في الشكل رقم (٨٦ ـ أ).

ويظهر إشعاع الطاقة خاصيات ثنائية حيث يتكون من جسيمات طاقة (فوتونات) لكنه يظهر خاصيات حركة تموجية مستعرضة. ويحدد اللون طول الموجة (الشكل ٨٦ ـ ب). ويتم إدراك الضوء الذي يحتوي على جميع الموجات المرئية بأنه ضوء أبيض. وتتغير حساسية العين البشرية بتغير طول الموجة وتكون أكبر ما يمكن عندما يتكون طول الموجة حوالي (٥٥٠) نانومتر (أصفر) كما هو مبين في الشكل رقم (٨٧).

★ وقد وجد أنه حتى في بريطانيا [100]، عند استعمال نوافذ متسعة أدت الى زيادة في حرارة المباني بشكل كبير

وينتقل الضوء في الوسط المتجانس (homogeneous medium) في ممر مستقيم وتساوي سرعته حوالي (٣×١٠^٨) م/ث أي حوالي (٣٠٠٠٠٠) كم/ثانية وبشكل أدق.

في الفراغ ٢,٩٩٨ × ١٠^٨ م /ث
في الهواء ٢,٩٩٧ × ١٠^٨ م /ث
في الماء ٢,٢٤٩ × ١٠^٨ م /ث
في الزجاج ٢,٩٨٢ × ١٠^٨ م /ث

٥,١,٣ انتقال الضوء

إذا عرضت مواد للضوء ونقلت جزءاً كبيراً منه للجهة الأخرى منها فانها تسمى مواد شفافة. والمواد الأخرى غير الشفافة تعترض مرور الضوء، وخلف تلك المواد لا يوجد ضوء (ضوء مباشر) أي أنها تعمل ظلا. تعني الكلمة شبه شفاف كون المواد تنقل جزءاً من الضوء الساقط عليها الى الجهة الأخرى الا أنها تكسر خط مروره المستقيم وتبعثره في جميع الاتجاهات مكونة بذلك ضوءاً منشوراً.

ويمكن توزيع الضوء الساقط على جسم بثلاث طرق: منعكس وممتصّ، ومنقول. وتوصف بعض الخصائص المهمة للجسم ومادته بهذه المركبات (components) الثلاث:

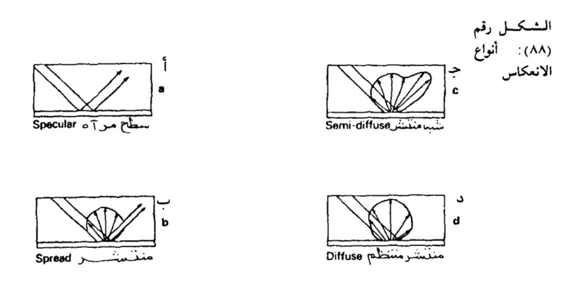
الانعكاسية (reflectance)
الامتصاصية (absorbance)
الانتقالية (transmittance)

وفي جميع الحالات تكون: $r + a + t = 1$
ففي حالة الأجسام غير الشفافة حيث $t = 0$
$r + a = 1$

٥,١,٤ الانعكاس

اذا بقيت أشعة الضوء المتوازية الساقطة على جسم بعد انعكاسها متوازية يكون سطح ذلك الجسم مرآة مستوية وبذلك يمكن التحدث عن الانعكاس المرأوي (specular reflection) (كما في الشكل ٨٨ ـ أ). وتنطبق قوانين البصريات الهندسية على تلك السطوح حيث زاوية الانعكاس تساوي

زاوية السقوط. بينما تكون الأشعة المنعكسة عن المرآة المقعرة لامة والأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة متفرقة ويكون الضوء المنعكس عن السطح غير اللامع (Matt) منشوراً كما في الشكل (٨٨ ـ د). وغالباً ما يحدث خليط من نوعي الانعكاس وبذلك يسمى انعكاساً شبه منشور أو انعكاساً مبعثراً، ويعتمد ذلك على القيمة النسبية لمركبتي النوعين كما في الشكل رقم (٨٨ ـ ب) والشكل رقم (٨٨ ـ جـ).



الشكل رقم (٨٨): أنواع الانعكاس

لبعض المواد، بشكل خاص، الانعكاسية نفسها مع جميع اطوال موجات الضوء وهذه المواد لا تبقي تلك الأطوال بعد الانعكاس. وترى السطوح ذات الانعكاس المحايد في الضوء الأبيض كمايلي:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| بيضاء | اذا كانت | (r) | أكبر من | 0.75 |
| رمادية | اذا كانت | (r) | بين | 0.75 – 0.05 |
| سوداء | اذا كانت | (r) | تحت | 0.05 |

أما المواد الأخرى فهي ذات انعكاسية اختيارية؛ إذ إنّها قد تمتص أضواءاً ساقطة عليها لموجاتها أطوال معينة. ومن تلك الممتصات الاختيارية أصباغ التلوين اذ يكون لونها خاضعاً لعملية طرح (Subtractive). وعند خلط

أصبـاغ التلوين هذه يكـون الامتصاص خاضعاً للجمع (Additive) وتكون الانعكاسات خاضعة للطرح (Subtractive) وكمثال:

الدهان الأصفر يمتص الأزرق ويعكس الأحمر والأصفر والأخضر
الدهان الأزرق يمتص الأحمر والأصفر ويعكس الأزرق والأخضر
خليطاً من الـدهانين السابقين: يمتص الأزرق والأحمر والأصفر ويعكس الأخضر فقط.

٥،١،٥ الضوء الملون

أما الخليط من جميع أنواع الأصبغة فسوف يكون أسوداً كما أنه سيمتص الضوء مهما كان طول موجاته. هذا ولا يمكن لأي خليط من الأصبغة ان يعطي لوناً أبيضاً حيث أن بعض الموجات ستكون عرضة للامتصاص.

ويمكن خلط أضواء ملونة من مصادر مختلفة، وفي هذه الحالة يكون طول موجة اللون الناتج مساوياً لمجموع أطوال الموجات المختلفة. وهذه العملية خاضعـة للجمـع (Additive)، والألـوان التي تجمع لتكون اللون الأبيض تسمى ألواناً متتامة مثل:

الأحمر والأخضر أو الأصفر والأزرق.

ويمكن انتاج الضوء الملون باستعمال المرشحات، إذ توجد مواد ذات انتقالية عالية واختيارية، فهي تعكس أو تمتص معظم أطوال الأمواج وتنقل فقط النطاق الضيق من أطوال الأمواج وهذه مرة ثانية عملية تخضع للطرح.

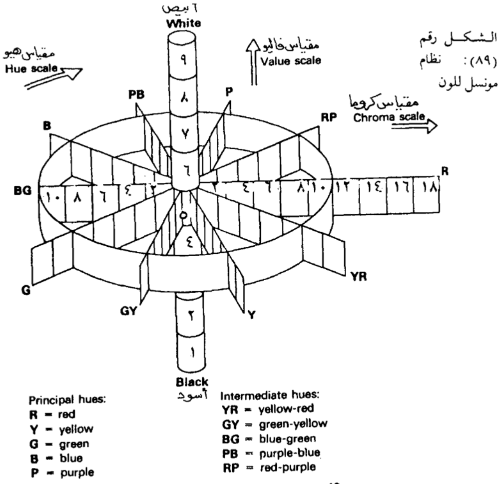
٥،١،٦ نظام مونسل The Munselt system

أكثر تصنيف لألوان السطوح استعمالا هو نظام مونسل الذي يميّز ثلاثة مفاهيم للون (الشكل رقم ٨٩) [81].

تدرجات اللون الرئيسية تدرجات اللون المتوسطة.

| | |
|---|---|
| R = أحمر | YR = أصفر / أحمر |
| Y = أصفر | GY = أخضر / أصفر |
| G = أخضر | BG = أخضر / أصفر |
| B = أزرق | P8 = أرجواني / أزرق |
| P = أرجواني | RB = أحمر / أرجواني |

فمثلا : ١٠ / ٤ ـ 5 R = الأحمر من تدرج اللون
اللون ١٠ / القيمة ٤ ـ ٥




الشكل رقم (٨٩): نظام مونسل للون

١ . تدرج اللون (Hue) :

والمقصود هو الألوان الشائعة وهي الأحمر والأصفر والأخضر والأزرق والأرجـواني إضافة الى ذلك تقسيم كل من هذه الألوان الى خمسة أقسام فرعية أو خمس فئات.

٢ . القيمة (Value) :

القيام الذاتي للانعكاسية لمظهر الفاتح أو الغامق طبعاً لمقياس من (٠) (أسود مطلق) إلى (١٥) (أبيض مطلق) وعملياً من (١,٩) يمكن

وجودها. وتلك القيم يمكن تحويلها إلى انعكاسية :

$$r = V (V - 1)$$

٣ . اللون (Chroma) :
درجة التلويث أو شدة اللون مميزة (١٤) صنفاً وسيكون أكثرها انخفاضاً في الغالب هو الرمادي، والألوان الأكثر سطوعاً ستراوح ما بين ١٢ الى ١٤.

تعطى علاقة مونسل بثلاثة أوجه كمايلي :

تدرج اللون ـ القيمة / اللون مثل : 5 R – 4/10 ومن الأوجه الثلاثة فان للقيمة (V) علاقة مباشرة في تصميم الاضاءة.

وهنالك حدود مختارة من الألوان معطاة في BS 4800

٥,١,٧ الكميات الضوئية

أ ) تقاس شدة الاضاءة لمصدر ضوئي (I) بوحدة القنديلة (Candela cd). وهذه الوحدة الأساسية المفترضة والمتفق عليها في نظام الوحدات الدولي، تعرف بأنها شدة اضاءة جسم أسود مشع يبث الضوء بانتظام ومساحة سطحه تساوي (1) سم$^2$ وذلك عند درجة حرارة انصهار (60) سم$^2$ وذلك عند درجة حرارة انصهار البلاتين. وجميع الوحدات الأخرى مشتقة منها.

ب ) دفق الضوء (F) يقاس باللومن (lm). ويساوي اللومن ما ينساب من الضوء المشع من مصدر ضوء تعطي ذي شدة ضوء تساوي وحدة واحدة. وبما أن سطح الكرة يقابل في مركزها زاوية مجسم تساوي (4N) أي (١٢,٥٦) من وحدات الزاوية المجسمة، فان مصدر الضوء النفطي ذا الشدة (١) قنديلة يشع دفقاً يساوي (١٢,٥٦) لومن في جميع الاتجاهات.

ج ) الاستنارة (E) وتقاس بأنها كمية الدفق الضوئي الواقع على وحدة المساحات أي لومن / متر مربع $Lm/m^2$ ويساوي ذلك (١) لوكس حيث اللوكس هو وحدة الاستنارة بالنظام الدولي (SI).

د ) الاثارية (L) وهي مقياس سطوع السطح يمكن اشتقاق وحداتها بطريقتين :

١٠ اذا كان مصدر ضوء شدته (١) قنديلة ومساحة سطحه تساوي (١)م٢ (أي قنديلة موزعة على مساحة ١ متر مربع) فان انارية ذلك المصدر تساوي ١ قنديلة/م٢ وهذه هي الوحدة الرسمية في النظام الدولي (SI).

٢٠ اذا كانت استنارة سطح عاكس تماماً وناشر تماماً (1 = 2 ) تساوي (١) لوكس فان انارية ذلك السطح تساوي (١) ابوستلب (apostilb) أي (1 abs). ونقيس الوحدتان السابقتان الكمية نفسها ويمكن تحويل كل منهما للأخرى مباشرة أي أن (١) قنديلة/ متر مربع وهذه هي الوحدة الرسمية في النظام الدولي (SI).

**٥,١,٨ الاستنارة Illumination**

تتغير الاستنارة من مصدر ضوء تبعاً لمربع المسافة. فاذا كانت شدة المصدر الضوئي تساوي (I) قنديلة فانه يبث دفقاً كلياً يساوي (I 4) لومن، وعلى مسافة تساوي (d). و يوزع ذلك الدفق على سطح كرة نصف قطرها يساوي (d) ومركزها مصدر الضوء ومساحة سطحها تساوي ( d 4) فتكون الاستنارة على مسافة (d) مئوية :

$$E = \frac{4 \pi I}{4 \pi d^2} = \frac{I}{d^2}$$

وهذا ما يسمى بقانون التربيع العكسي ويكون قابلا للتطبيق عندما يكون المستوى المنار عمودياً في اتجاه الضوء أي عندما تكون زاوية سقوطه على السطح مساوية (صفراً). أي أن زاوية السقوط ($\beta = O^0$).

اذا مال المستوى المنار فان الدفق نفسه يوزع على مساحة أكبر وبذلك تنقص الاستنارة ويتناسب النقصان مع جيب تمام زاوية السقوط:

$$E_\beta = E_n X \cos \beta$$

حيث:

$E \beta$ = الاستنارة على مستوى عمودي

E = الاستنارة على مستوى يميل بزاوية $\beta$ عن العمودي

$\beta$ = زاوية السقوط.

الاستنارة لسطح من مصادر ضوء مختلفة تساوي المجموع البسيط لمركبات الاستنارات على ذلك السطح:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + .....$$

تتناقص الاستنارة من مصدر ضوء خطي مباشرة مع المسافة (وليس مربع المسافة كما هي الحال في مصدر الضوء النقطي). والاستنارة من سطح منير غير متناه (مثل السماء) لا تتغير مع المسافة.

٥,١,٩ الاستنارة اللااتجاهية

توصف ظروف الاستنارة عادة وتقاس أو تعين بدلالة الاستنارة على مستوى معلوم وغالباً ما يكون ذلك المستوى هو مستوى العمل الأفقي (مثل سطح المكتب أو مستوى المنضدة. الا أن ذلك المستوى قد يكون مائلاً أو راسياً، وبعبارة أخرى يمكن التحدث حينئذ عن الاستنارة المستوية (Planar illumination).

لا يصف ذلك على كل حال جميع نوعيات الانارة للفضاء (الحيز)، وحتى لو كانت الاستنارة على مستوى أفقي مناسبة، فقد يبقى السطح الرأسي معتماً حتى ولو كان السطح المرئي غير ثنائي الأبعاد، فانه يجب اعتبار نوعيات أخرى إضافة الى الانارة المستوية (Planar Illumination).

والاستنارة اللااتجاهية (متوسط الاستنارة الكروية) هي متوسط الاستنارة الواصلة لستطح كرة صغيرة من جميع الجهات ويرمز لها بالرمز (Es) وتقاس باللوكس. وهي مقياس كمية الضوء الكلية الموجودة دون اعتبار للاتجاه.

وقيمة الاستنارة هو كمية مركبة لها مقدار واتجاه. والفرق الأقصى بين استنارة نقطتين قطريتين متقابلتين على سطح كرة صغيرة يشار له بالرمز (Emax) ويقاس باللكس. يكون اتجاهه نفس اتجاه قطر الكرة الواصل بين النقطتين المحسوب لهما قيمة ذلك المتجه. يعرف الاتجاه بدلالة زاويتين احداهما أفقية (من اتجاه مرجعي) والثانية رأسية (من الأفق وصاعداً).

تكون نسبة المتجه الى اللامتجه مقياساً لاتجاهية الضوء وهي دليل جيد لنوعية تجسيم ذلك الضوء.

فعندما تكون $\frac{\Delta E_{max}}{E_{\beta}} = 4$ يكون الضوء أحادي الاتجاه تماماً.

إلا أن تلك القيمة من ناحية عملية، تكون أقل من (٤) بينما تشير القيمة (صفر) الى الاضاءة متعددة الاتجاهات (Omnidirectional) منشورة تماماً.

د,١,١٠ الفعالية

يكون الغرض من الاضاءة ثنائي الهدف:

أ) عملياً ـ لتسهيل أداء السطح المرئي ولضمان الراحة الابصارية.
ب) فنياً ـ لايجاد تأثيرات احساسية معينة.

ففي الجنب العملي تكون الحاجة الى قياس الفعالية الابصارية حيث تعتمد بشكل قوي على الاضاءة، ويمن قياسها بأوجهها الثلاثة:

١ . الحدة الابصارية أو حدة الرؤية، وتقاس بمعكوس الابصارية (p) ويعبر عنها بالدقائق، وهي زاوية يكون رأسها عين الناظر وتقابل أقل تفاصيل ممكنة مدركة، فمثلا اذا كانت أقل التفاصيل المدركة تقابل زاوية تساوي (2) أي دقيقتين، فان الحدة الابصارية تساوي:

٢ . حساسية التباين (CS) ( *Contrast Sensitivity* ) وتقاس بنسبة أقل فرق اناري مدرك ($L_2 - L_1$) منسوب الى أقل انارية:

$$CS = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 \%$$

٣ . الاداء الابصارية (Visual Performance) :

وهو الزمن اللازم للرؤية معبر عنه بعدد الأحرف المدركة في الثانية أو على أي مقياس مقارن بذلك. تعتمد جميع الأوجه الثلاثة، ومن ثم الفعالية الابصارية، على منسوب الاستنارة. كما هو مبين في الرسم البياني الموضح في الشكل رقم (٩٠).

د,١,١١ كمية الاستنارة

تستجيب العين لمدى مناسب من مناسيب الاستنارة يمتد على مدى قيم تعادل المليون:

من (٠,١) لكس (ليلة مقمرة والقمر بدر)
الى (١٠٠٠٠٠) لكس (سطوع شمس مشرقة)

وللمواقع العملية والنشاطات المختلفة فان تفاصيل متطلبات الاستنارة موضحة في المنشورات مثل [71 ] و[76 ].

هذا وتعطي القيم التالية بعد الارشادات العامة:

الرؤية العرضية ١٠٠ لكس

السطوح المرئية العادية ذات التفاصيل المتوسطة (مكننة الخشب وأعمال المكتب العامة) ٤٠٠ لكس.

سطوح مرئية قاسية مفصلة (التجميع الدقيق وغزل الحرير)
٩٠٠ لكس

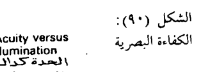
سطوح مرئية قاسية بشكل استثنائي (صناعة الساعات)
٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ لكس

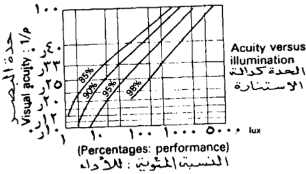
لمزيد من تفاصيل التوصيات انظر ملحق ٩,١

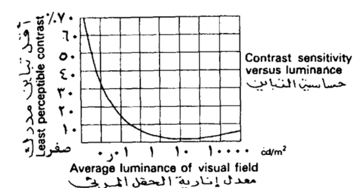
كما هو واضح من الرسوم البيانية في الشكل رقم (٩٠) تزداد الفعالية الابصارية بزيادة الاستنارة، الا أن المنحنى ينبسط عند المناسيب العالية. وبذلك ينطبق قانون تناقص الغلة (ينص هذا القانون على أن زيادة العمل أو رأس المال الى حد بعيد، لا يترتب عليها زيادة مناسبة في الانتاج). ويعتمد القرار المتعلق بالمنسوب الذي يجب تنبيه على عوامل اجتماعية وثقافية واقتصادية. وبعبارة أخرى على كمية الضوء الممكن تحملها. ويبدو ذلك واضحاً بالمقارنة بين ما يحدث منه في أقطار مختلفة.

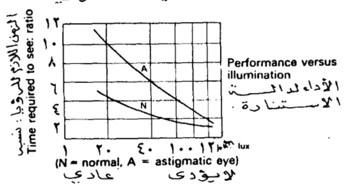
| القطر | مكاتب الرسم (مهمات قياسية) (باللكس) | مهمات أكثر قسوة (باللكس) |
|---|---|---|
| الاتحاد السوفيتي | ٥٠ ـ ١٥٠ | ١٥٠ ـ ٣٠٠ |
| المجر* | ١٥٠ ـ ٣٠٠ | ٣٠٠ ـ ٥٠٠ |
| المملكة المتحدة ٦٠٠ | ٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ | |
| الولايات المتحدة | ١٥٠٠ | ١٠٠٠ ـ ٥٠٠٠ |

* Farago, G and Maroti, G, Vilagitastechnika (lighting techniques). Muszaki Konyvkiado, Budapest, 1962.


الشكل (٩٠):
الكفاءة البصرية




٥,١,١٢ الحقل الابصاري

برأس ثابت وعينين ثابتتين يكون الحقل الابصاري للشخص المتوسط فمثلا (120° أفقياً)، (120° رأسياً) وضمن ذلك فان الحقل المركزي يحدد بدقيقتين (21) وتمتد الخلفية المتوسطة الى حوالي (40°).

يمكن ضمان الراحة الابصارية الفعلية بالتحكم بالتوزيع الاناري ضمن الحقل الابصاري اذ يجب أن تكون نسب الانارية كمايلي :

| | الحقل المركزي | | الخلفية | | البئية |
|---|---|---|---|---|---|
| | ٥ | : | ٢ | : | ١ |
| الا ان | ١٠ | : | ٣ | : | ١ |

يجب الا يتجاوزها لأن ذلك يسبب إبهاراً. فالعين تهيء نفسها للانارية المتوسطة في الحقل الابصاري، ووجود تباين إناري كبير يؤدي الى فقدان الرؤية للمناطق الأقل إنارية (تعرض قليل) والى ازعاج ناتج عن المناطق الساطعة (التعرض الزائد) هذا وقد يحدث الابهار بسبب الاشباع حتى بدون تباين، حيث يزيد معدل الانارية على ٢٥٠٠ قنديلة / متر المربع (٨٠٠٠ abs).

يمكن الاشارة إلى مقدار الابهار بالعبارات مثل «ابهار عدم الراحة» (في حالة أقل قوة) وابهار الاعاقة (في حالة قاسية).

٥,١,١٣ نوعية الاستنارة

على المصمم عند تصميم الاضاءة أن يضمن وجود الضوء المناسب على (Visual Task). وتعني الملائمة في هذا الخصوص النوعيات التالية:

أ ) لون الضوء
ب ) ترجيع اللون
جـ) توزيع الضوء (مباشر، منشور، تجسيم).
د ) ألا يكون مبهراً
هـ) توزيع الانارية (اعتبار نوعيات السطح جنباً إلى جنب مع اضاءة السطوح).

وتعتمد كل من (أ)، (ب) على مصدر الضوء ويخضع للاختبار في الاضاءة الكهربائية، ولكنه معطى في الاضاءة النهارية.

يعتمد توزيع الاضاءة الكهربائية على تجهيزات الاضاءة ومواضعها، بينما تعتمد الاضاءة بضوء النهار على الشبابيك والسطوح العاكسة.

ويمكن التحكم عادة بالابهار في الاضاءة بضوء النهار بطريقة نوعية ما في تصميم الاضاءة الكهربائية فان مفهوم دليل الابهار يعطي تقييم كمية (كما هو مبين في البند رقم ٥,٣.١٥).

## ٥,٢ الاضاءة النهارية

٥,٢,١ مصادر الضوء
٥,٢,٢ المناخ والضوء
٥,٢,٣ مفهوم عامل الضوء
٥,٢,٤ متغيرات التصميم
٥,٢,٥ مفهوم السماء التصميمية
٥,٢,٦ الاضاءة بضوء النهار
٥,٢,٧ في المناخات الحارة الجافة
٥,٢,٨ في المناخات الدافئة الرطبة
٥,٢,٩ الاضاءة الاصطناعية التكميلية
٥,٢,١٠ المصابيح الكهربائية

---

**٥,٢,١ مصادر الضوء**

المصدر الأساسي لضوء النهار هو الشمس الا أن الضوء الواصل منها للأرض قد ينشر جزءاً منه بواسطة الغلاف الجوي للكرة الأرضية والظروف الجوية المحلية السائدة وكيفية وصول ذلك الضوء الى المبنى.

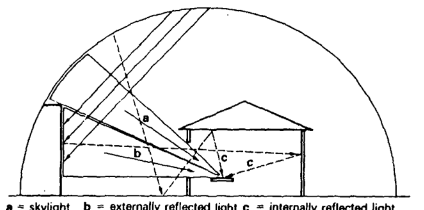
واذا اعتبرت نقطة داخل مبنى فان الضوء قد يصل إليها من الشمس بالطرق التالية (الشكل رقم ٩١):

أ ) ضوء منشور أو ضوء سماء خلال شباك أو فتحة.

ب ) ضوء منعكس خارجياً (بواسطة الأرض أو المبنى) خلال الشباك نفسه أو الفتحة.

جـ) ضوء منعكس داخلياً عن الجدران أو عن السقف أو عن سطوح داخلية أخرى.

د ) ضوء شمس مباشر في مسار مستقيم من الشمس خلال شباك إلى النقطة المعتبرة.




الشكـل رقم (٩١): دخـول ضوء النهار الى المبنى

هذا وتؤثر الظروف المناخية بشكل كبير على كمية الضوء الكلية وعلى المحصلة النسبية للمركبة المذكورة.

٥.٢.٢ المناخ والضوء

في المناخات المعتدلة وفي خطوط العرض العالية حيث تكون الغيوم متناثرة في السماء (overcast) بشكل معتاد، فان نصف كرة السماء تعمل كمصدر للضوء. وقد توجد شمس مشرقة إلا أنه لا يعتمد عليها في الاضاءة بضوء النهار في ذلك المناخ. وللسماء ذاتها فعالية انارية عالية لتزويد الغرف العادية بالاضاءة، وبناءاً على ملاحظات بنتها Commissin Internaional de l'Eclairage (CIE) **فقد اعتمدت توزيع الانارية لسماء ملبدة حسب تغييرها مع وظيفة تلك الانارية على هذا النحو:**

$$L_y = L_h X (1 + 2 \text{ Sin } y)$$

حيث

$L_y$ = الانارية على زاوية ارتفاع تساوي ٧٠،

$L_h$ = الانارية عند الأفق

وبذلك تكون انارية الشمس $L_2$ مساوية [75]

$$L_z = 3 \times L_n$$

للمناخات الصحراوية الجافة خاصية أنها ذات ضوء شمس مباشر قوي أكثر من السماء الغائمة. ويستبعد ضوء الشمس المباشر عادة عن

المباني لأسباب حرارية. تكون السماء في العادة ذات لون أزرق غامق وقد تكون اناريتها منخفضة حتى ١٧٠٠ قنديلة / متر المربع (غير كاف لضمان ضوء نهار مناسب). ويكون للسماء الصافية هذه أعلى إنارية ممكنة قرب الأفق وأدنى إنارية على زاوية قائمة مع اتجاه الشمس.

تعكس الأرض العادية الجافة المضاءة بالشمس وجدران المباني الأخرى الملونة بلون فاتح ـ ضوء أكثر، وهذا يشكل المصدر الرئيسي للاضاءة بضوء النهار داخل المباني. وقد يكون ذلك مصدراً للابهار عندما تكون السطوح الفاتحة الألوان ذات انارية عالية وواقعة ضمن حقل الابصار. قد يولد الغبار الخفيف المعلق في الهواء وهجاً (Haze) مما يزيد في السطوع الظاهري Brightness للسماء حتى ١٠٠٠٠ قنديلة / متر المربع. إلا أن الغُبار الثقيل المتكرر والعواصف الرملية تنقص ذلك السطوع الى ما تحت ٨٥٠ قنديلة / متر المربع. وهو ما يعرف بالقتام.

وفي المناخات الدافئة الرطبة، تكون السماء عادة ملبدة بالغيوم وذات انارية تزيد على ٧٠٠٠ قنديلة / متر المربع ويكون بعض ضوء السماء المنتشر سائداً وقد تسبب السماء الساطعة جداً إبهاراً مزعجاً عند النظر إليها من خلال غرفة مضاءة بشكل معتدل.

وفي المناخات المركبة تكون الاختلافات في الاضاءة شاسعة بين حالات السماء الملبدة، والسماء الصافية.

٥,٢,١ مفهوم عامل ضوء النهار

نظراً للتباين في مناسيب الاضاءة خارج المبنى فانه يصعب حساب الاضاءة الداخلية بدلالة الاستنارة الضوئية وربما كان ذلك بلا جدوى. وعلى كل حال فانه يمكن اعتبار نسبة الاستنارة الى الاستنارة المتزامنة. خارج المبنى بأنها كمية ثابتة وذلك في مبنى معين ونقطة معينة. ويعبر عن هذه النسبة الثابتة بنسبة مئوية هي عامل ضوء النهاء (DF).

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100 \%$$

حيث

$E_i$ = الاستنارة داخل المبنى عند النقطة المعينة.

$E_o$ = الاستنارة خارج المبنى الناتجة من نصف كرة سماء غير المحجوبة.

يكـون مفهوم عامل ضوء النهار ساري المفعول (تبقى النسبة ثابتة) فقط عندما تكون السماء ملبدة وتكون الشمس غير مشرقة مباشرة. وبذلك، وطبقاً للبند رقم (١, ٢, ٥) فان العوامل التي تتحكم في الاضاءة النهارية هي:

١. عامل السماء (SC)
٢. وعناصر الانعكاس الخارجي (ERC)
٣. وعناصر الانعكاس الداخلي (IRC)

وبذلك فان: DF = SC + ERC + IRC

٥,٢,٤ متغيرات

وتعتمد تلك العوامل على المتغيرات الواردة في البند التالي:

تعتمد كل من العوامل السابقة على متغيرات التصميم كما يلي:

أ ) SC ـ تعتمـد على مسـاحـة السماء المرئية من النقطة المعنية وعلى متوسط زاوية ارتفاعها من الأفق (altitude angle) (أي إنارية السماء على تلك الزاوية)، لذلك فانها تعتمد على مساحة الشباك ووضعه بالنسبة للنقطة المعنية ومقاسات أجزاء هيكلة، ونوعية الزجاج ونظافته والحواجز الخارجية.

ب ) ERC ـ تعتمـد على مسـاحات السطوح الخارجية المرئية من النقطة المعنية وانعكاسيات تلك السطوح.

جـ) IRC ـ تعتمـد على مقـاسـات الغرفة، نسبة الجدران والسطوح الى مساحة الشباك. وانعكاسيات تلك السطوح. ويعتمد أسلوب الحساب التقني لكل من تلك العوامل في الجزء ٣, ٥.

٥,٢,٥ مفهوم السماء التصميمية

عندما يعطي معامل ضوء النهار لنقطة معينة، يمكن تحويلها إلى قيمة استنارة (illumination value)، اذا علمت الاستنارية الخارجية.

مثال:

اذا كانت DF = 8%, E = 6000 لوكس فان

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100 \%$$

$$8 = \frac{E_i}{6000} \times 100$$

$$E_i = 480 \text{ lux}$$

بالتقييم الاحصائي لتسجيلات طويلة المدى للاستنارة يمكن بناء منسوب استنارة خارج المبنى ($E_o$)، لموضع معلوم، وهذا المنسوب يكون المنسوب الذي تصل اليه الاستنارة الحاصلة لزمن فعال ٩٠٪ أو ٨٥٪ من ساعات النهار. ويؤخذ هذا المنسوب على أنه قيمة استنارة السماء التصميمية للحالة العملية.

وبذلك يمكن اعادة الحسابات السابقة واستعمالها كأساس للتصميم طبقاً للخطوات التالية:

١ . بناء منسوب استنارة مطلوب ($E_i$) مثة ٣٠٠ لكس (انظر ملحق ١، ٩).
٢ . ضمان منسوب استنارة سماء تصميمية محلية ($E_o$) مثلا ٩٠٠ لكس.
٣ . حساب عامل ضوء نهار ضروري.

$$DF = \frac{300}{9000} \times 100\% = 3.33\%$$

٤ . يتم التصرف بمتغيرات التصميم (مقاس الشباك... الخ) للحصول على عامل ضوء النهار المذكور.

تؤكد هذه الطريقة أنه يمكن الوصول الى منسوب الاستنارة الداخلية المطلوبة أو تجاوزه، طوال ٩٠٪ من زمن وجود ضوء النهار. وما تبقى من الوقت وهو ١٠٪ حيث الضوء يحتمل الحدوث على فترات قصيرة أو يندر حدوثه، فانه يمكن اعتبار السطح المرئي أقرب للشباك أو يمكن استعمال اضاءة اصطناعية. استعمال ذلك الحدوث النادر يكون غير اقتصادي وغير مقيد وينتج عند اضاءة هائلة معظم الوقت.

وهذه بعض قيم استنارة السماء التصميمية (باللكس) كنماذج:

| | | | |
|---|---|---|---|
| لندن | خط عرض | 52 | ٥٠٠٠ لكس |
| هوبرت | خط عرض | 43 | ٥٥٠٠ لكس |
| سيدني | خط عرض | 33 | ٨٠٠٠ لكس |
| برسبان | خط عرض | 27 | ١٠٠٠٠ لكس |
| داروين | خط عرض | 10 | ١٥٠٠٠ لكس |
| نيروبي | خط عرض | 1 | ١٨٠٠٠ لكس |

٥,٢,٦ الاضاءة في المدارين تضمن الطريقة السابقة ضوء نهار مناسب حتى لمنسوب منخفض جداً من الاضاءة خارج المبنى، وبذلك تكون مناسيب الاستنارة الموجودة معظم الوقت اكثر من المنسوب المعتبر.

ومن وجهة نظر فيزيائية وفيزيوسيكولوجية فان ذلك يكون مفيداً (في تحسين الفعالية الابصارية) أما في المناخات المعتدلة من المحتمل أن يكون التأثير السيكولوجي لتلك الاضاءة الزائدة ذا قيمة كبيرة للحياة الهانئة.

وعلى العكس من ذلك، في المناخات الدافئة، تكون التأثيرات الفيزيائية والسيكلوجية سيئة نتيجة للاشعار الحراري المرافق، لأن الاضاءة الزائدة تعني التسخين الزائد، والتسخين الزائد أكثر ازعاجاً من الاضاءة المنخفضة. وأبعد من ذلك، فان الغرفة ذات الانارة المنخفضة تكون أكثر قبولا من ناحية سيكولوجية حيث ان الضوء مرتبط عقلياً بالدفء والاضاءة المنخفضة مرتبطة بالبرودة.

ويتطلب ذلك على كل حال، مهارة جيدة في الاستعمال، جزئياً لضمان استنارة ملائمة للفعالية الابصارية الضرورية، وجزئياً لتجنب الاصابة بالكآبة الابصارية ذات تأثير ذاتي (Subjective) ناتج عن التباين الزائد بين خارج المباني الساطع جداً وداخله المضاء بشكل خفيف (Dimly) هذا ويمكن تأكيد العوامل التي تؤثر على الاحساسات الأخرى وهي:

الرطوبة والهواء الفاسد (stale-air) والروائح، وعدم الترتيب.

ويمكن تلخيص مهمة الاضاءة بضوء النهار ومشكلاتها فيما يلي:

أ ) توفير ضوء نهار ملائم حتى لو كانت الشبابيك محمية بأباجورات (Louvers) أو شبكات (Grelïs) لأسباب حرارية.

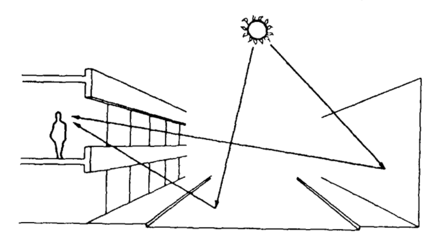
ب ) لاستبعاد السطوح الهائلة السطوع من الحقل الابصاري (وهي السطوح ذات اللون الفاتح المضاءة بضوء الشمس المباشر) التي قد تسبب الابهار.

وسيتم بحث تلك المشكلات في ظروف مناخية مختلفة في الفقرات التالية:

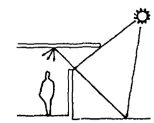
٥,٢,٧ في المناخات الحارة الجافة

يجب إبعاد ضوء الشمس المباشر عن المباني جزئياً لأسباب حرارية وجزئياً، لأنه من المحتمل أن يسبب إبهاراً. بما أن الشبابيك في تلك المناخات تميل لأن تكون صغيرة فان جزءاً كبيراً من السماء ة يرى من أي نقطة في الداخل وخصوصاً بالسماء وذات الاستنارة القليلية، فان مركبة السماء سوف تكون غير كافية [77 ]. ومن جهة أخرى تكون انارية السماء بالقرب من الأفق أكبر ويمكن أن تكون مصدراً للابهار اذا لم تحجب. وتكون كل من الأرض والسطوح الخارجية للمباني الأخرى ذات لون فاتح في العادة وقد يؤدي ضوء الشمس القوي المباشر عليها الى حدوث إبهار (الشكل ٩٢)، لذلك يمكن استعمال الضوء المنعكس خارجياً شريطة أخذ الحيطة الكبيرة لتجنب الابهار.

الشكل رقم (٩٢): الابهار من السطوح المضاءة بضوء الشمس المباشر



قد يكون الضوء المنعكس داخلياً أكثر ملاءمة من ضوء النهار ولتحقيق ذلك يجب أن يكون الشباك مرتفع المنسوب (عتبته فوق منسوب العين) وهذا سوف يسمح بالضوء المنعكس أن يصل للسقف فاذا كان السقف ابيض اللون فبهذه الطريقة تحدث اضاءة داخلية ملائمة ومنشورة بشكل حسن، من خلال شباك صغير (انظر الشكل ٩٣).



الشكل رقم (٩٣): الضوء المنعكس المنشور بواسطة السقف

اذا استعملت (وسائل تظليل) فقد تصبح السطوح العاكسة المضاءة بضوء الشمس المباشر مصادر إبهار، لذا يجب أن تكون تلك السطوح إما غير عاكسة أو موضوعة بحيث لا تكون مرئية مباشرة. وتكون الشبابيك المنخفضة المنسوب مقبولة إذا كانت تطل على ساحة مظللة أو على مزرعة. واذا لم يكن تجنب المنظر المضاء بالشمس من خلال الشباك، فان التباين الاناري القوي بين المنظر ومحيط الشباك يمكن تخفيضه بوساطة:

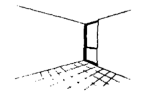
١ . دهان الجدار المجاور بلون فاتح.

٢ . دهان داخل هيكل الشباك باللون الأبيض.

٣ . بما أن الجدار تميل أن تكون سميكة في هذا المناخ فانه يمكن خلط الأجزاء العميقة المكشوفة (المدهونة باللون الفاتح) لجعل التباين متدرجاً.

٤ . يمكن عمل فتحات أخرى في الجدار المتقابلة أو الجدران الجانبية، وذلك لاسقاط بعض الضوء القادم على الجدار المحيط بالشباك.

ويمكن تجنب المنظر الشديد السطوع باستعمال شباك رأسي شريحي في زاوية الغرفة (انظر الشكل رقم ٩٤) حيث يؤدي ذلك الى انزلاق الضوء على سطح الجدار (بزاوية ميل قليلة) مما يوفر مصدراً ظاهراً كبيراً لانارية أقل.



الشكل رقم (٩٤): شباك زاوية

٥,٢,٨ المناخات الدافئة الرطبة

في العادة تكون المباني في تلك المناخات من انشاءات خفيفة وفيها فتحات كبيرة لضمان التهوية العرضية (Cross-Ventilation) وحركة الهواء ويتم ذلك عادة بمظلات (Overhanging eaves) واسعة أو وسائل تظليل أخرى.

ويستبعد ضوء الشمس المباشر لأسباب حرارية، وتكون السماء ساطعة، وقد توفر ضوءاً كافياً. إلّا أن إناريتها العالية قد تسبب الابهار أيضاً.

لذلك يجب حجب منظر السماء باستعمال وسائل تظليل أو نباتات زراعية. وبما أن انارية السماء قرب الأفق تكون أقل منها بكثير عند زوايا الارتفاع الأخرى فانه قد يسمح بارتفاع منظر السماء عن الأفق حتى زاوية (١٥°م) وهذا يتطلب شروطاً معينة في تصميم عناصر التظليل.

ويمكن تلخيص المعيار بدقة أكثر من كونه لاستبعاد ضوء الشمس كما يلي:

أ ) السماح بظهور منظر السماء والأرض قرب الأفق حتى زاوية + ١٥°م تقريباً (فوق وتحت الأفق).

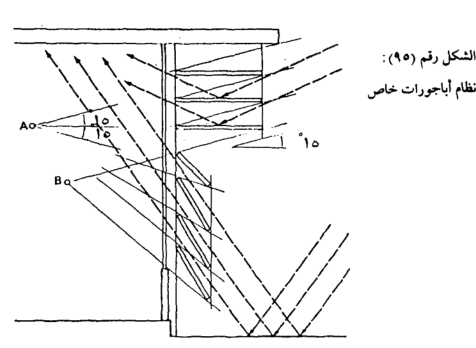
ب) استبعاد منظر الأرض الساطعة وسطوح الأباجورات أو الشفرات (blade) التي تسمح بدخول الشمس.

جـ) عكس ضوء النهاء عن الأرض وعن الشفرات الى أعلى للسقف الذي يجب أن يكون بحد ذاته ذا لون فاتح.

يبين الشكل رقم ٩٥ ترتيباً قد يفي بتلك المتطلبات ويضمن تهوية جيدة في الوقت نفسه [٧٨].

٥,٢,٩ الاضاءة الاصطناعية التكميلية

من المستحيل عملياً في المناخات المعتدلة توفير ضوء نهار مناسب (DF = 2%) في الغرف المضاءة جانبياً لعمق أكبر من ثلاثة أمثال ارتفاع رأس الشباك (فوق مستوى العمل). في المكتب المتوسط الحال أو في غرفة الصف يقابل ذلك عمق ٦م كحد أقصى. وللغرف الأعمق من ذلك، فقد طور نظام يعرف بالاضاءة التكميلية الاصطناعية الدائمة (PSALI) للأماكن الداخلية. (Permanent Supplementary Artificial Lighting of the Interiors) وبذلك،




الشكل رقم (٩٥):
نظام أباجورات خاص

Two critical points (nearest to window) are taken as:
A = standing – 1·70m height , 1·10 m to window
B = sitting –1·20m height, 0·80m to window
A = شخص واقف ـ ١,٧٠م ـ وعلى بعد ١,١٠م من النافذة
B = شخص جالس ـ ١,٢٠م ـ وعلى بعد ٠,٨٠م من النافذة

وكما تتضمن التسمية، تضاء الغرف بشكل دائم بالأضواء الكهربائية لتوفير الاستنارة اللازمة بطريقة يمكن المحافظة منها على المستوى المألوف للاضاءة بضوء النهار.

وهكذا تظل خطوة واحدة لاستعمال الاضاءة الاصطناعية الدائمة (PAL) التي تهمل ضوء النهار كلية، ومن المحتمل أن يؤدي ذلك الى بيئات عديمة الشبابيك. لقد زعم بعضهم أن الشباك هو أضعف نقطة في المبنى (لكل من العزل الحراري وعزل الضجيج). ويمكن الحصول على فوائد اقتصادية عظيمة ببناء عديم الشبابيك واستعمال الاضاءة الاصطناعية الدائمة. يكون التوفير في التدفئة وتكييف الهواء أكبر من تكلفة الاضاءة الاصطناعية.

والجدال الدائر هو أن الغرض من الشبابيك ليس توفير الاضاءة بضوء النهار ولكنه أيضاً توفير اتصال ابصاري مع الحيز الخارجي للمبنى. وباستعمال (PSALI) يمكن توفير هذه الضرورة باستعمال شبابيك ذات

مقاسات مختصرة وتكملة ضوء النهار غير الكافي بوسائل اصطناعية إذا صح ما ورد سابقـاً فان ذلـك يجب أن يتوافر حتى في المناخات الحارة. وفي المناطق الحارة الجافة، على وجه الخصوص حيث تكون الشبابيك صغيرة المقاسات لأسباب حرارية، وحيث يجب توفير بعض أنواع التظليل، فان ضوء النهار الواصل الى الداخل، قد يكون غير كاف، وربما كانت وسائل التحكم الحرارية مهمة جداً، وإضافةً الى ذلك ستظهر هناك اختيارات متاحة اما قبول إضاءة قياسية المنسوب، أو إضاءة تحت المستوى، أو استعمال الاضاءة الاصطناعية التكميلية الدائمة (PSALI).

٥،٢،١٠ المصابيح الكهربائية

يستعمـل في الاضـاءة الكهـربـائية نوعان من المصابيح الكهربائية بشكل عام وهي :

١ . المصابيح التوهجية (Incandescent lamps) :
وهي التي يمرر فيها تيار كهربائي من خلال فتيلة ثينغستون وتسخن نتيجة لذلك، وتبث الضوء بسبب التوهج.

٢ . المصـابيح الفلورية (التـألقية) (Fluorescent Lamps) : يحدث فيها تفـريغ كهـربـائي بين قطبيها من خلال بخار زئبق منخفض الضغط (مخلوط مع بعض الغازات المساعدة) فتبث جزئيات الغاز المهيجة اشعاراً فوق بنفسجي يمتص هذا الاشعار من الطلاء الفلوري الموجود على الزجاجة من الداخل ويعاد بثه بأمواج ذات أطوال مرئية.

للمصـابيح التـوهجية فعالية إنارية (Luminous Efficiency) تساوي من ١٠ لومن / واط إلى ١٦ لومن / واط. وللمصابيح الفلورية فعالية إنارية تساوي من ٤٠ لومن / واط الى ٧٠ لومن / واط وبذلك، للحصول على الخرج الضـوئي نفسـه فلا بد من واطية للمصـابيح الفلورية أقـل بكثير مما يلزم للمصابيح التوهجية.

فمثـلاً : مصباح توهجي ذو واطية تساوي ٢٠٠ واط قد يعطي خرج ضوء يساوي ٢٥٠٠ لومن، بينما مصباح فلوري ذو واطية تساوي ٤٠ واط قد يعطي الخرج الضوئي نفسه (الكابح ذو قدرة تساوي ٨ واط) وبذلك تكون الواطية الكلية للدائرة في المصباح الفلوري مساوية ٤٨ واط.

ويمكن توضيح ذلك بطريقة أخرى وهي أن الطاقة الكلية المشعة من مصباحين توهجي وفلوري تكون موزعة كمايلي :

المصباح التوهجي ٥٪ ضوء ٩٥٪ حرارة
المصباح الفلوري ٢١٪ ضوء ٧٩٪ حرارة

ومن وجهة النظر الحرارية تؤخذ الواطية الكلية للمصباح في الحسبان كمعدل كسب حراري . وكمية الطاقة المبثوثة هي حرارة، حتى الضوء المثبوت عندما يصطدم بسطح الغرفة يتحول الى طاقة حرارية، ويجب أن تأخذ في الحسبان أن القدرة الكلية للمصابيح الفلورية ليست هي القدرة الواردة الى الأنبوب الزجاجي فقط، بل يجب أن تضاف إليها قدرة المكابح .

واذا ما تقرر استعمال (PSALI) في مناخ جاف حار، فان الحرارة الناتجة من الاضاءة الكهربائية تزيد درجة الحرارة في الداخل، وذلك ينصح بتقليل انتاج الحرارة للحد الأدنى باستعمال مصابيح فلورية . وفي الأحوال الحرجة، يجب فصل الكوابح عن المصابيح ووضعها في حيز ذي تهوية بطريقة مستقلة، وهذا يوفر ٨ واط حرارة من كل مصباح ٤٠ واط مما يؤدي الى تخفيض في كسب الحرارة الناتج من الاضاءة يعادل ١٧٪ .

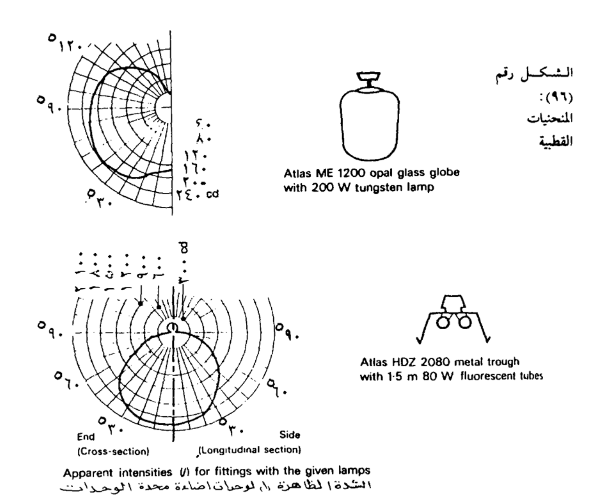
## ٥,٣ تقنيات الضوء

- ٥,٣,١ الاضاءة الموضعية
- ٥,٣,٢ طريقة اللومن للاضاءة العامة
- ٥,٣,٣ متطلبات الاضاءة بضوء النهار
- ٥,٣,٤ مناقل قياس ضوء النهار
- ٥,٣,٥ مركبة السماء
- ٥,٣,٦ المركبة المنعكسة خارجياً
- ٥,٣,٧ المركبة المنعكسة داخلياً
- ٥,٣,٨ تعديلات اخرى
- ٥,٣,٩ توزيع ضوء النهار
- ٥,٣,١٠ الاسقاط المنظري
- ٥,٣,١١ ظروف السماء الصافية
- ٥,٣,١٢ مخطط بياني الشمس + السماء الصافية
- ٥,٣,١٣ طريقة اللومن لضوء النهار
- ٥,٣,١٤ دراسة النماذج
- ٥,٣,١٥ الإبهار في الاضاءة الكهربائية
- ٥,٣,١٦ الابهار في الاضاءة النهارية

---

**٥,٣,١ الاضاءة الموضعية**

عند تصميم الاضاءة على سطح معلوم، يمكن التنبوء بمدى الاستنارة النـاتجـة من مصـدر ضوء نقـطي (اضاءة موضعية) باستعمال قانون التربيع العكسي. وتحتـوي كتـالوجات المصابيح أو تجهيزات الاضاءة في العادة على مجمـوعة من المنحنيات (المنحنيات القطبية) التي تصف خصائص في توزيع الضوء بها. وهنالك مثالان لذلك في الشكل رقم (٩٦).



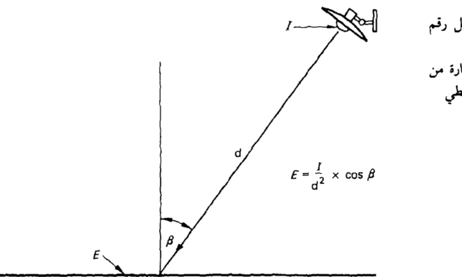

الشكل رقم (٩٦): المنحنيات القطبية

Apparent intensities (I) for fittings with the given lamps
الشدة الظاهرة (I) لوحدات اضاءة محددة الوحدات

من تلك المنحنيات يمكن قراءة شدة الضوء (I) لمصدر ضوء من جميع الاتجاهات المحيطة، وذلك بالقنديلة (cd) . فاذا كانت (d) تساوي بُعد النقطة المضاءة عن المصدر (بالمتر) وكانت (β) تساوي زاوية السقوط (الشكل ٩٧) فان الاستنارة على السطح المعلوم (باللكس) تساوي .

$$E = \frac{1}{d^2} \times \cos \beta \quad \text{Lux}$$

تعطي المنحنيات القطبية عادة الشدة (I) لكل ١٠٠٠ لومن من الخرج الضـوئي للمصباح، ولذلك يجب ان تقسم القراءة من المنحني على ١٠٠٠ وتضرب بقيمة لومنات المصباح. واذا اشتركت عدة مصادر ضوء في استنارة نقطة ما، فان قيم الاستنارة يجب ان تحسب لكل مصدر على انفراد، ثم تجمع القيم معا للحصول على الاستنارة الكلية.




الشكل رقم (٩٧): الاستنارة من مصدر نقطي

٥,٣,٢ طريقة اللومن للاضاءة العامة

عند اضاءة غرفة بعدة مصابيح وتجهيزاتها فان طريقة الحساب السابقة تكون مطولة ومضنية. فاذا وضعت التجهيزات في صفوف منتظمة فانه يمكن اتباع طريقة مختلفة تماما واكثر بساطة، وذلك باستعمال مفهوم عامل الافادة (UF)، وهو ببساطة، نسبة الدفق الكلي الواصل الى مستوى العمل ($F_r$) الى ($F_1$) الدفق الكلي المبثوث من جميع المصابيح.

مثال:

اذا كانت المصابيح جميعها تبث ١٠٠٠ لومن، وكان ارتفاع مستوى العمل يساوي ٨ر٠م لجميع انحاء الغرفة وكان الدفق الواصل لذلك المستوى يساوي (٥٠٠٠) لومن فان:

$$(UF) = \frac{5000}{10000} = \frac{Fr}{F_1} = 0.5$$

الاستنارة وتساوي بالطبع الدفق الواصل الى السطح مقسوما على مساحة ذلك السطح، فاذا كانت مساحة قاعدة الغرفة = ٥٠ م٢ فان الاستنارة تساوي:

$$E = \frac{5000}{50} = 100 \text{ LUX } (Lm/m^2)$$

لوكس (لومن/ م٢)

وإذا كان (UF) معلوما فانه يمكن استعماله بطريقتين:

١. اذا كانت خوارج الضوء للمصابيح معلومة فانه يمكن حساب الاستنارة كمايلي:

٢ . وإذا كانت الاستنارة معلومة فانه يمكن ايجاد خارج ضوء المصباح اللازم للحصول على تلك الاستنارة كمايلي :

$$F_1 = (A \times E)/ UF$$

وهكذا فانه يمكن استعمال تلك الطريقة اما كوسيلة للتحقق أو كوسيلة حسابات تصميم مباشرة .

أما الخطوة الحرجة فهي ايجاد قيمة لـ (UF) . ويعتمد ذلك على الأبعاد النسبية للغرفة ، وعلى ارتفاع التركيب للمصباح وانعكاسات سطوح الغرفة وعلى نوع تجهيزات الاضاءة المستعملة . ويمكن إيجاد قيم (UF) من كتالوجات تجهيزات الاضاءة المستعملة الصادرة عن الشركة الصانعة أو من نشرات فنية متخصصة [71] حيث أن هذه الطريقة موضحة وكارشادات عامة يمكن أن تكون هذه القيم في الحدود التالية : تتراوح قيم (UF) ما بين :

| | | | |
|---|---|---|---|
| للاضاءة المباشرة الهابطة | ٠,٤ | الى | ٠,٩ |
| وللتجهيزات الناشرة | ٠,٢ | الى | ٠,٥ |
| وللاضاءة غير المباشرة | ٠,٠٥ | الى | ٠,٢ |

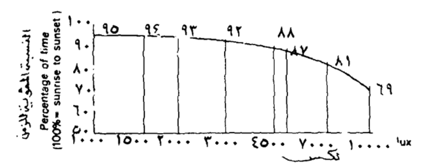
كما يمكن الأخذ في الحسبان تجمع الغبار على المصابيح أو تردي أدائها وأثر كل منها على خرج ضوئها إذ إنّ عامل الافادة يجب أن يضرب في عامل الصيانة (MF) الذي يقدر عادة ٠,٨ .

٥,٣,٣ متطلبات الاضاءة بضوء النهار

كما ورد في البند (٥,٢,٣) فانه من الصعب حساب ضوء النهار الواصل الى نقطة في الغرفة بدلالة وحدات الضوء . لقد قدم مفهوم عامل ضوء النهار (DF) في البند (٥,٢,٣) واستعمل ذلك المفهوم لاقامة حد ادنى مرغوب فيه ، من متطلبات الاضاءة لغرف باستعمالات مختلفة . يبين الملحق رقم ٩,٣ بعض التوصيات لقيم (DF) مأخوذاً من (BRS (41 & 42) ، كما يجب ان نتذكر ان ادنى استنارة حاصلة ، بعامل ضوء منها ومعلوم (DF) ترتبط باستنارة السماء التصميمية فاذا اخذت تلك كما هي في بريطانيا بانها مساوية ٥٠٠٠ لكس اي ان (DF = ٪٢) فان ذلك يعني ان ادنى استنارة تساوي

$$E = ٥٠٠٠ \times \frac{٢}{١٠٠} = ١٠٠ \text{ لكس}$$

ان هذه القيمة سوف تزيد معظم الوقت كلما كانت الاستنارة خارج المبنى اكثر من ٥٠٠ لكس. يبين الشكل رقم (٩٨) توزيع الاستنارة خارج المبنى وزمن وجودها في لندن.




الشكل رقم (٩٨): الاستنارة الخارجية (لندن)

**٥,٣,٤ مناقل قياس ضوء النهار**

تعتمد تقنية التنبوء بضوء النهار الذي طورته محطة ابحاث البناء البريطانية [٧٩] (BRS) على حساب ثلاثة مركبات لعامل ضوء النهار في كل واحدة على انفراد. وهي مركبة السماء (Sky Component) ، ومركبة عناصر الانعكاس الخارجي (Externally Reflected Component) وهاتان المركبتان يتم إيجادها باستعمال المناقل، بينما تقدر المركبة المنعكسة داخليا (Internally Reflected Component) بمساعدة مجموعة من المنحنيات البيانية (Nomgrams) .

توجد سلسلتان من المناقل إحداهما للسماء ذات الانارية المنتظمة والأخرى لتوزيع انارية السماء حسب متطلبات (CIE) . في المناطق ذات زاوية عرض مرتفعة تحت ظروف سماء ملبدة في العادة بالغيوم، يجب استعمال سلسلة المناقل ٢ بينما تستعمل السلسلة ١ للتنبؤ بمركبة السماء تحت ظروف سماء صافية في ظروف استوائية.

| اتجاه الفتحة | السلسلة (١) سماء منتظمة | السلسلة (٢) سماء (CIE) |
|---|---|---|
| تزجيج رأسي | ١ | ٢ |
| تزجيج أفقي | ٣ | ٤ |
| ميل ٣٠° عن الأفق | ٥ | ٦ |
| ميل ٦٠° عن الأفق | ٧ | ٨ |
| فتحات غير مزججة | ٩ | ١٠ |

* British Standard Code of Practice.

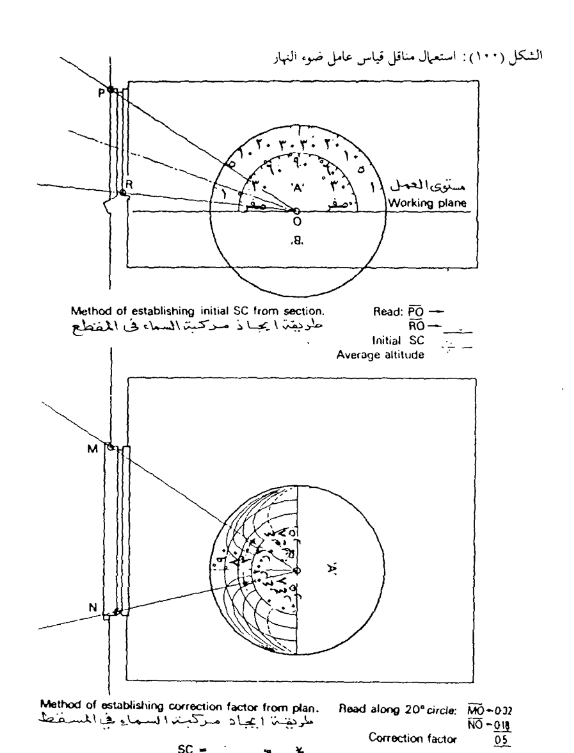
٥,٣,٥ تحتوي كل منقلة عل مقياسين مدرجين وهما (A) حيث يعطي هذا
مركبة السماء المقياس قراءة أولية (لقطاع الغرفة)، (B) يعطي عامل تعديل (من المسقط) القراءة الأولى تبين مركبة السماء لشبابيك طويلة بشكل غير متناه الا أنه يجب استعمال عامل التعديل (المقياس B) . في شباك محدود الطول. يوضح الشكل رقم (٩٩) المنقلة (٢).

ويوضح الشكل رقم ١٠٠ الخطوات التي يجب اتباعها لايجاد مركبة السماء وذلك في غرفة ٤م×٤م مضاءة بواسطة شباك وكمثال على ذلك:

الشكل (٩٩):
المنقلة (2)

المجموعة الثانية
(second series)

الشكل (١٠٠) : استعمال مناقل قياس عامل ضوء النهار




٥,٣,٦ المركبة المنعكسة خارجياً

اذا لم توجد حواجز خارج الشباك لا يكون هناك مركبة منعكسة خارجياً (ERC) واذا كان هناك حواجز أعلى من الخط (RO) فان الضوء المنعكس عن تلك الحواجز سوف يصل الى النقطة المعينة، وسوف يُسْهم في اضاءتها. يعبر عن قيمة تلك المساهمة بالمركبة المنعكسة خارجياً (ERC) التي يمكن ايجادها كما يلي:

١ . يرسم مسقط للغرفة ويعلم مستوى العمل وعليه النقطة التي ستعتبر، وهي النقطة (O) .
٢ . توصل نهايات الفتحة (أو حواف الحاجز) من النقطة (O) أي المستقيمات (PO) ، (RO) .
٣ . توضع المنقلة والمقياس (A) الى أعلى وخط القاعدة على مستوى العمل ومركزه في النقطة (O) .
٤ . تقرأ القيم حيث تقطع الخطوط (PO) ، (RO) محيط المقياس فسيكون الفرق بين القيمتين هو مركبة السماء الأولية .
٥ . تقرأ زوايا العرض (الارتفاع) حيث تقطع الخطوط (PO) ، (RO) زاوية ميل المقياس ويؤخذ معدل القراءتين .
٦ . يعين موضع النقطة (O) التي ستعتبر على مسقط الغرفة .
٧ . توصل نهايتا الفتحة مع النقطة (O) الى الخطين (MO) . (NO) .
٨ . توضح المنقلة والمقياس (B) باتجاه الشباك وخط القاعدة موازياً للشباك والمركز في النقطة (O) .
٩ . تعلم أربعة أنصاف دوائر متحدة المركز على المنقلة : ٠°، ٣٠°، ٦٠°، ٩٠°، تختار واحدة منها طبقاً لزاوية الميل المقابلة المحصول عليها في الخطوة O ويستقرأ نصف دائرة داخلية اذا لزم .
١٠ . حيث يقطع المستقيمان NO, MO نصف الدائرة تلك، تقرأ القيم على طول المنحنيات القصيرة على مقياس نصف الدائرة الداخلية .
١١ . تجمع القيمتان اذا كانت كل من نقطتي التقاطع واقعتين على جانبي خط مركز الدائرة، واذا كانت في الجانب نفسه، أخذ الفرق بين القيمتين وتكون القيمة الناتجة هي عامل التعديل .
١٢ . تضرب مركبة السماء الاولية (الخطوة ٤) بعامل التعديل للحصول على مركبة السماء (SC) .

أ ) تعين مركبة السماء المكافئة التي يحصل عليها من المساحة نفسها من السماء غير المحجوبة باتباع الخطوات التي وردت سابقا .
ب ) تضرب القيمة الحاصلة بمايلي :
١ . اذا استعملت مناقل السلسلة ١ (السماء المنتظمة) تضرب بالمقدار ٥ر٠ في متوسط انعكاسية السطح المقابل أو إذا كان ذلك غير معلوم، فانها تضرب في ١ر٠

٢ . اذا استعملت المناقل من السلسلة ٢ (سماء CIE ) فانها تضرب تلك القيمة في متوسط إنعكاسية السطوح المقابلة او بالقيمة ٢ر٠

كثير من الضوء الداخل من خلال الشباك يصل للنقطة المعينة فقط بعد الانعكاس عن الجدران والسقف والسطوح الاخرى داخل الغرفة . يعبر عن قيمة المساهمة في الاضاءة للنقطة المعينة بالمركبة المنعكسة داخلياً (IRC) . وهي عادة تكون منتظمة بشكل معقول في جميع انحاء الغرفة ، ولذلك وفي معظم الحالات ، يكتفي بايجاد قيمة المركبة المنعكسة الداخلية المتوسطة . وتكون أبسط الطرق باستعمال المخطط البياني الوارد في الشكل رقم ١٠١ [٨٠] والخطوات المتبعة في ذلك واردة في البند التالي :

٥,٣,٧ المركبة المنعكسة داخلياً

١ . تعين مساحة سطح الشباك والمساحة الكلية لسطح الغرفة (الارضية والسقف والجدران بما في ذلك الشبابيك) وتحسب نسبة مساحة الشباك الى المساحة الكلية وتعين تلك القيمة على المقياس (A) في المخطط البياني .

٢ . تستخرخ مساحة جميع الجدران ، وتحسب نسبة مساحة الجدار الى المساحة الكلية وتعين تلك القيمة في العمود الاول من الجدول المرافق (على محاذاة المخطط) .

٣ . توضع قيمة انعكاسية الجدران عبر الخط العلوي من الجدول ، ثم تقرأ قيمة متوسط الانعكاسية عند تقاطع العمود مع الخط (يستعمل الاستقراء اذا لزم ذلك افقيا وعموديا) .

(ملاحظة : يفترض الجدول انعكاسية سقف ٧٠ر٠ وانعكاسية ارضية ١٥ر٠)

٤ . تعين قيمة متوسط الانعكاسية على المقياس (B) ثم يرسم خط مسقيم من تلك النقطة مخترقة المقياس (A) (للقيمة الموجودة في الخطوة ١) .

٥ . حيث تقطع تلك المقياس (C) تقرأ القيمة التي تعطي المتوسط لقيمة المركبة المنعكسة داخلياً اذا لم يوجد حاجز خارجي .

٦ . اذا وجد حاجز خارجي حددت زاويته مع الافق مقاسة من مركز الشباك على المقياس (D) .

٧ . يرسم خط مستقيم من تلك النقطة (D) مارة بالنقطة المحددة على المقياس (C) وتقرأ قيمة المركبة المنعكسة داخلياً (IRC) المتوسطة على القياس (E) .

ونظراً لتردي أداء التشطيبات الداخلية للمبنى ، يجب استعمال عامل

صيانـة مع قيمـة المـركبة المنعكسة داخلياً (IRC) التي يحصل عليها اما عامل متوسط يساوي ٧٥ر٠ او احد القيم التالية :

| حالة الموضع | نوع العمل | عامل الصيانة |
|---|---|---|
| نظيف | نظيف | ٩ر٠ |
| وسخ | نظيف | ٨ر٠ |
| نظيف | وسخ | ٧ر٠ |
| وسخ | وسخ | ٦ر٠ |

يمكن الحصول على ادنى قيمة لقيمة المركبة المنعكسة الداخلية (IRC) بضربـه بقيمـة المـركبـة المنعكسـة الداخلية (IRC) المتوسطة المحصول عليها بالطريقة السابقة بعامل تحويل يعتمد على متوسط الانعكاسية :

| متوسط الانعكاسية | عامل التحول |
|---|---|
| ٣ر٠ | ٥٤ر٠ |
| ٤ر٠ | ٦٧ر٠ |
| ٥ر٠ | ٧٨ر٠ |
| ٦ر٠ | ٨٥ر٠ |

وبذلك يتم الحصول على عامل ضوء النهار (DF) كمجموع لـ (SC + ERC + IRC) الا انـه قد يكـون ضرورياً ضرب تلك القيمة بحاصل ضرب ثلاثة عوامل تعديل وهي : (GF), (FF), (DF)

٥,٣,٨ تعديلات أخرى

١ . عامل التزجيج (GF) : اذا كان غير الزجاج النقي فان العامل المناسب من العوامل التالية يكون :

من الزجاج الصفحي المسلك ٩٥ر٠

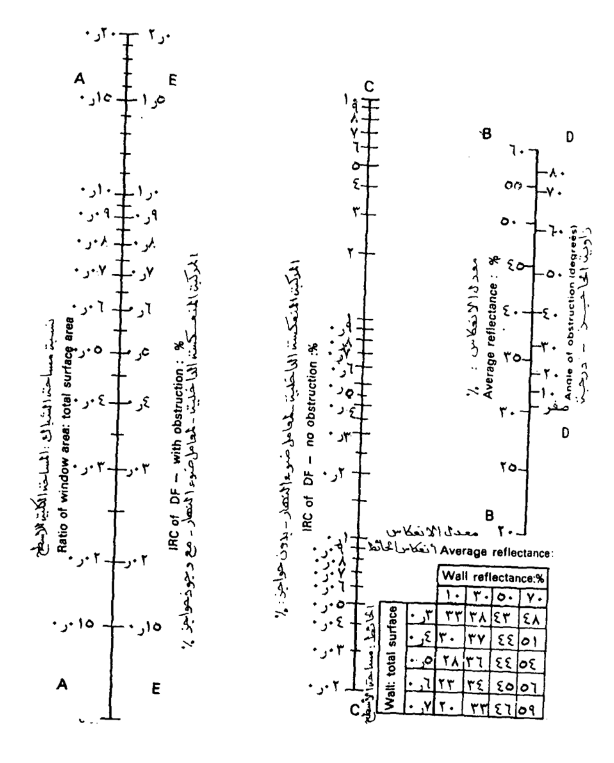
الزجاج المزخرف والنـاشر ٩٠ر٠ ـ ٩٥ر٠

الزجاج المـاص للحـرة ٦٠ر٠ ـ ٧٥ر٠

اليـاف الـزجـاج الكـاسرة للضـوء * (GRP) او البلاستيك اكـريلي ٦٥ر٠ ـ ٩٠ر٠

* Glass Reinforced Plastic

الشكل رقم (١٠١): مخطط مركبة معدل الانعكاس الداخلي لعامل ضوء النهار




| Wall: total surface | ١٠ | ٣٠ | ٥٠ | ٧٠ |
|---|---|---|---|---|
| ٠ر٣ | ٣٣ | ٣٨ | ٤٣ | ٤٨ |
| ٠ر٤ | ٣٠ | ٣٧ | ٤٤ | ٥١ |
| ٠ر٥ | ٢٨ | ٣٦ | ٤٤ | ٥٤ |
| ٠ر٦ | ٢٣ | ٣٤ | ٤٥ | ٥٦ |
| ٠ر٧ | ٢٠ | ٣٣ | ٤٦ | ٥٩ |

٢٠ عامل البرواز (FF) (Framing Factor) : يمكن حساب هذا العامل كنسبة مساحة الزجاج الصافية الى مساحة فتحة الشباك الا انه يمكن استعمال قيمة متوسطة تساوي (٧٥ر٠) بشكل عام.

٣. عامل الوسخ على الزجاج (Dirt Factor)(DF) : عامل يعتمد على نوع الموضع وتكرار عملية التنظيف ويكون الزجاج المركب افقيا او مائلا اكثر عرضة لترسب الوسخ منه للزجاج الرأسي. ويحسب هذا العامل من الجدول التالي:

| الموضوع | رأسيا | مائلا | افقيا |
|---|---|---|---|
| نظيف | ٩ر٠ | ٨ر٠ | ٧ر٠ |
| صناعي | ٧ر٠ | ٦ر٠ | ٥ر٠ |
| وسخ وجدا | ٦ر٠ | ٥ر٠ | ٤ر٠ |

٥,٣,٩ توزيع ضوء النهار

اذا اريد التنبوء بتوزيع ضوء النهار في جميع انحاء الغرفة وليس في نقطة معينة منها فانه يجب اقامة شبكة من الخطوط المتساوية (Grid) المرجعية على المخطط، وحساب عامل النهار لكل نقطة من تلك الشبكة. وفي خطوة لاحقة يمكن عمل رسم كنتوري لعامل ضوء النهار باستعمال عملية الاستقراء (Inter- polation) على نقاط الشبكة.

وكطريقة مرتبة توفر جهدا كبيرا ينصح باستعمال شكل مشابه للشكل رقم (١٠٢) الذي يبين مثالا محلولا للغرفة الواردة في الشكل رقم (١٠٠).

٥,٣,١٠ الاسقاط المنظوري

تعتبر الطريقة الموصوفة اعلاه اداة فعلية للتحقق، اذ يتم افتراض تنبوء بقيمة معينة للاضاءة بضوء النهار، وبذا فان عملية التجربة والخطأ لا يمكن تجنبها. وعلى كل حال فان هناك طريقة، ربما تكون اقل دقة، يمكن اتباعها مباشرة كاداة تصميم، [٧٩، ٨٣] وتعتمد هذه الطريقة على استعمال شكل وعاء الفلفل. الشكل رقم (١٠٣) وتتم حسب الخطوات التالية:

أ ) يرسم منظور داخلي للشباك (على ورق شفاف) كما يرى من النقطة التي يعين لها عامل ضوء النهار (DF). ويجب ان تكوت المسافة المنظورية (من نقطة النظر الى مستوى الصورة) مساوية ٣٠ ملم وكما في الشكل رقم (١٠٤).

ب ) ترسم جميع الحواجز الخارجية الواقعة على المسقط نفسه.

جـ) يوضع شكل وعاء الفلفل تحت ورق الشفاف ومركز المنظور منطبق مع وعاء الفلفل.

د ) تعد النقاط الواقعة على مساحة السماء المرئية ويقسم هذا العدد على ١٠ للحصول على مركبة السماء (SC) .

هـ ) يعين عدد النقاط الواقعة على مساحة الحواجز ويقسم هذا العدد على ١٠٠ للحصول على المركبة المنعكسة خارجيا (ERC) .

و ) تعين قيمة المركبة المنعكسة داخلياً (IRC) باستعمال المخطط البياني كما ورد سابقا.

وتتضمن الفائدة من هذه الطريقة ان نتائج تغيير مقاس الشباك أو موضعة يمكن ان تقيّم في الحال وذلك بعد تعيين عدد النقاط فقط.

٥,٣,١١ ظروف السماء الصافية

طريقة المنقلة وطريقة شكل وعاء الفلفل مفيدين وصالحتين للاستعمال في ظروف السماء الملبدة (overcast Sky) . وبما ان التصميم في المناخات المعتدلة يهدف الى توفير مستوى ضوء نهار لا يزيد عنه معظم الوقت (اي لا يوجد له حد أعلى) فانه يجب عدم الأخذ في الحسبان ضوء الشمس المباشر، والا فان ذلك يكون زيادة فائضة.

وفي المناطق الاستوائية ولا سيما المناخات الجافة الحارة تكون السماء صافية، ويكون ضوء الشمس المباشر قويا معظم الوقت. ولذلك يجب الحد من اختراق اشعة الشمس لداخل المباني لاسباب حرارية، وبذلك فان الحد الاعلى في الاضاءة يكون اكثر اهمية من الحد الادنى.

وفي مثل ظروف السماء الصافية هذه فان ضوءاً مباشراً من الشمس يصل مع كمية متغيرة من الضوء المنشور في نصف كرة السماء الكلية. واضافة الى ذلك، ينعكس كل من الضوء المباشر والضوء المنشور عن السطوح الخارجية والداخلية للغرفة. هذا ويمكن إيجاد كمية كل من المركبتين من الضوء على انفراد، كما تتم معاملة كل منهما على انفراد ايضا، لان اداء معظم نبائط التحكم بضوء النهار والسطوح العاكسة، يختلف من واحدة لاخرى فيما يتعلق بضوء الشمس المباشر والضوء المنشور. ان عملية الفصل بين المركبتين ليست سهلة. فبينما ينجم ضوء النهار بالكامل عن السماء الملبدة بدون ضوء مباشر

من الشمس، فان مثل ذلك لا يحدث في السماء الصافية، ويكون الفصل بين النوعين نظريا فقط. لقد تبين بأن سطوع الضوء الذي يوزعه نصف كرة السماء الصافية يكون اقرب الى الانتظامية من سطوع ما توزعه السماء (CIE). عندما تكون على الحال الواردة في البند (٢, ٢, ٥). ولذلك فانه يمكن استعمال المناقل من السلسلة ١ للتنبوء بالاضاءة الناتجة عن مركبة الضوء المنشور. كما ان معظم طرق التنبوء بالاضاءة النهارية تحت سماء صافية مبنية على فصل المركبات للضوء المنشور عن المركبات للضوء المباشر بمعالجة كل منهما على انفراد (كل منهما في مسارها ذى الانعكاسات المتعددة) واضافة النواتج معا. ان تلك الطرق معقدة في الغالب، ومطوّلة، وغير معتمدة، وذلك بسبب العدد الكبير من العوامل المتغيرة.

ولا توجد نظرية شاملة ولا طريقة حساب شاملة للتنبؤ بالتأثير المشترك للضوء المنشور (السماء) والضوء المباشر (الشمس) إلا أنه، على أسس بنائية، فقد أقيمت طريقة من خلال تجارب مخبرية ذات فائدة عملية (ولو أنها محدودة) وهي صالحة في ظروف محدودة قد وضحناها بأدناه [84,85 ]. وتستعمل هذه الطريقة بمجموعة من المخططات والجداول (الشكل ١٠٥) كما هو وارد في البند التالي:

٥,٣,١٢ مخطط بياني الشمس + السماء الصافية

تعتمد الافتراضات التالية:

زاوية ارتفاع الشمس (٩٠°م)، تمنع زاوية تساوي (٢٠°م) عند عتبة الشباك بواسطة حاجز مقابل له.

إنارية الأرض ٣٤٠٠ قنديلة /٢

إنارية السماء ١٠٠٠ قنديلة /م٢

الشباك مجهز بكاسرات شمس تعطي زاوية ظل رأسي تساوي (٤٥°).

انعكاسيات الكاسرات ٠,٧٠

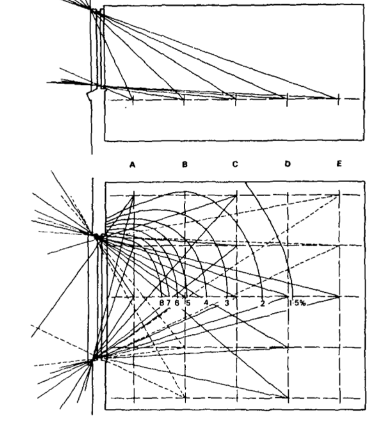
انعكاسية الزجاج ٠,١٥

الطريقة موضحة باستعمال المثال التالي:

(الشكل رقم ١٠٦)

أبعاد الغرفة: ٧,٥ × ١٠,٥ × ٣م٣

أبعاد الشباك: ٣,٦ × ٢,٤م٢ (في جدار قصير)




الشكل رقم (١٠٢): حساب عامل ضوء النهار

Assumed: no obstruction – no ERC.
If there is an obstruction, repeat columns 1 to 12 of table.

IRC:
Window : $2{\cdot}5 \times 1{\cdot}5\,m = 3{\cdot}75\,m^2$
Total surface:
$19 \times 2{\cdot}7 + 2 \times 5 \times 4{\cdot}5 = 96{\cdot}3\ m^2$

$\frac{\text{window}}{\text{total}} = \frac{3{\cdot}75}{96{\cdot}3} = 0{\cdot}039$

Wall surface: $19 \times 2{\cdot}7 - 3{\cdot}76 = 47{\cdot}55\ m^2$

$\frac{\text{wall}}{\text{total}} = \frac{47{\cdot}55}{96{\cdot}3} = 0{\cdot}49$

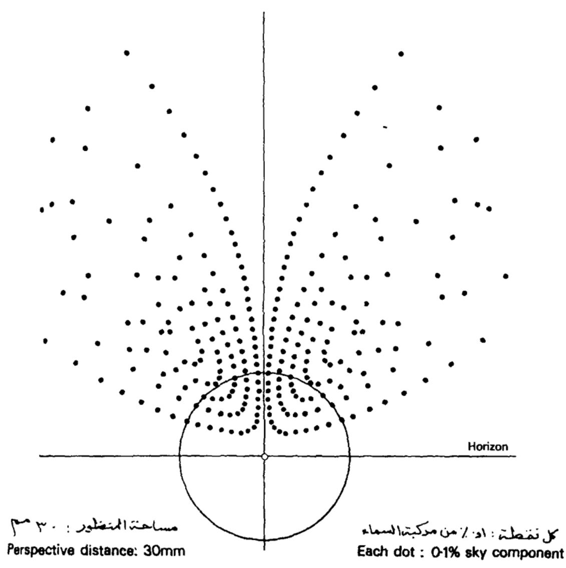
If wall $r$ = 50%
Average $r$ = 44% (from table)

From homogram:

IRC = 0·88%

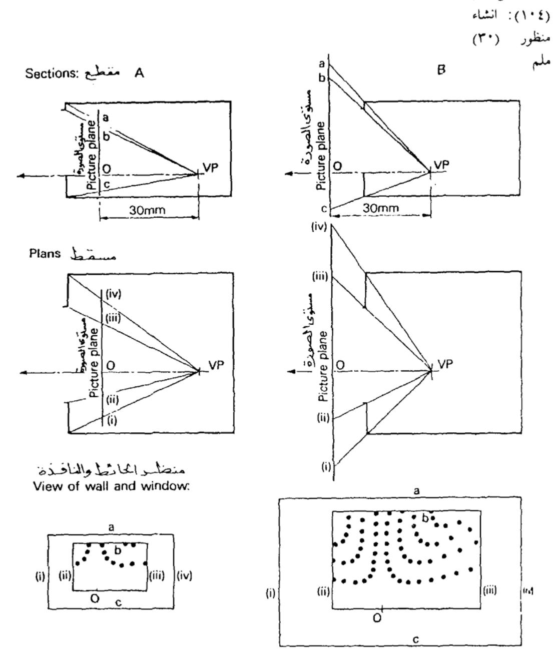
| أماكن التسجيل | | مقياس A: القراءة: علوي | القراءة: سفلي | الزوايا: م.ص.ن. المبدئي ١ - ٢ | الزوايا: علوي | الزوايا: سفلي | المعدل (٤ + ٥) / ٢ | مقياس B: القراءة: شمال | القراءة: يمين | العامل المعدل ٧ + ٨ | | م.الزجاج م.الاطار م.النظافة | المعدل ١٠ × ١١ | م. الانعكاس | معامل ضوء النهار ١٢+١٣ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ |
| | ١ـ٥ | | | | | | | ٠٫٤٩ | ٠٫٤٣ | ٠٫٠٦ | ١٫١٤ | | ٠٫٧٧ | | ١٫٦٥ |
| | ٢ـ٤ | ٢١٫٤ | ٢٫٤ | ١٩ | ٦٦ | ٢٤ | ٤٥ | ٠٫٤٩ | ٠٫١٢ | ٠٫٦٠ | ١١٫٦٠ | | ٧٫٨٣ | | ٨٫٧١ |
| | ٣ | | | | | | | ٠٫٤٥ | ٠٫٤٥ | ٠٫٩٠ | ١٧٫١٠ | | ١١٫٥٠ | | ١٢٫٣٨ |
| | ١ـ٥ | | | | | | | ٠٫٢٧ | ٠٫٤٨ | ٠٫٢١ | ١٫٩٧ | | ١٫٣٣ | | ٢٫٢١ |
| | ٢ـ٤ | ٩٫٧ | ٠٫٣ | ٩٫٤ | ٤٥ | ١١ | ٢٨ | ٠٫٠٧ | ٠٫٤٤ | ٠٫٥١ | ٤٫٨٠ | | ٣٫٢٤ | | ٤٫١٢ |
| | ٣ | | | | | | | ٠٫٣٤ | ٠٫٣٤ | ٠٫٦٨ | ٦٫٤٠ | | ٤٫٣٢ | | ٥٫١٠ |
| | ١ـ٥ | | | | | | | ٠٫٤٣ | ٠٫١٨ | ٠٫٢٥ | ١٫١٥ | | ٠٫٧٨ | | ١٫٦٦ |
| | ٢ـ٤ | ٤٫٧ | ٠٫١ | ٤٫٦ | ٢٣ | ٦ | ٢٠ | ٠٫٣٨ | ٠٫٠٥ | ٠٫٤٣ | ١٫٩٨ | ٠٫٦٧٥ | ١٫٣٤ | ٠٫٨٨ | ٢٫٢٢ |
| | ٣ | | | | | | | ٠٫٢٥ | ٠٫٢٥ | ٠٫٥ | ٢٫٣٠ | | ١٫٥٥ | | ٢٫٤٣ |
| | ١ـ٥ | | | | | | | ٠٫١٤ | ٠٫٣٩ | ٠٫٢٥ | ٠٫٦٠ | | ٠٫٤١ | | ١٫٢٩ |
| | ٢ـ٤ | ٢٫٥ | ٠٫١ | ٢٫٤ | ٢٥ | ٥ | ١٥ | ٠٫٠٤ | ٠٫٣٢ | ٠٫٣٦ | ٠٫٨٦ | | ٠٫٥٨ | | ١٫٤٦ |
| | ٣ | | | | | | | ٠٫٢ | ٠٫٢ | ٠٫٤ | ٠٫٩٦ | | ٠٫٦٥ | | ١٫٥٣ |
| | ١ـ٥ | | | | | | | ٠٫٣٥ | ٠٫١١ | ٠٫٢٤ | ٠٫٣٧ | | ٠٫٢٥ | | ١٫١٣ |
| | ٢ـ٤ | ١٫٦ | ٠٫٠٥ | ١٫٥٥ | ٢٠ | ٤ | ١٢ | ٠٫٢٧ | ٠٫٠٣ | ٠٫٣ | ٠٫٤٦ | | ٠٫٣١ | | ١٫١٩ |
| | ٣ | | | | | | | ٠٫١٦ | ٠٫١٦ | ٠٫٣٢ | ٠٫٥٠ | | ٠٫٣٤ | | ١٫٢٢ |

الشكل رقم
(١٠٣): شكل
وعاء الفلفل




Circle indicates the visual field within 45° *from* line of vision
توضح دائرة الحقل المرئي في حدود ٤٥° من خط النظر

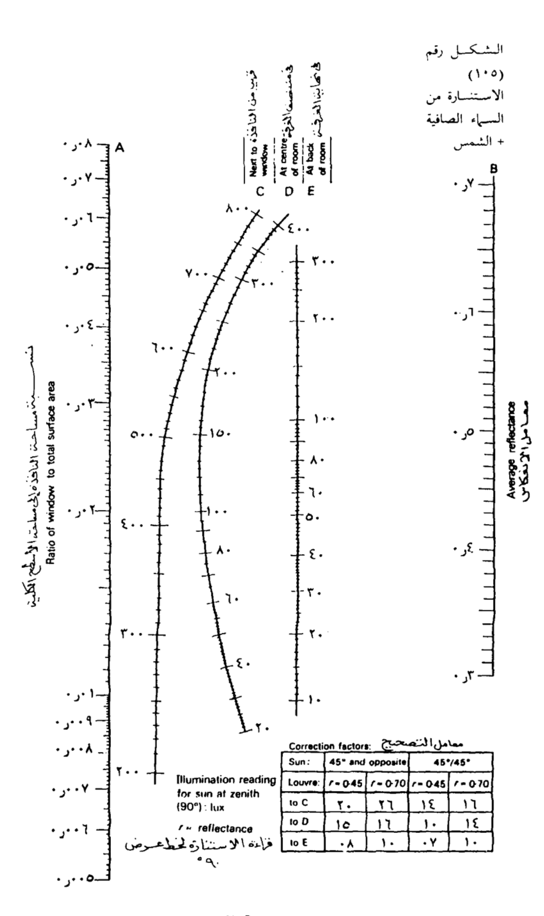
الشكل رقم
(١٠٤): انشاء
منظور (٣٠)
ملم




For a viewpoint (VP) 1·5 m from the window an internal elevation to 1:50 scale would give the same view (30 mm = 1·5 m)

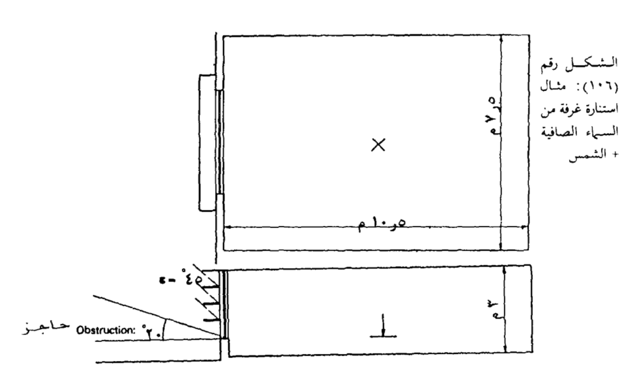
For a viewpoint 3m from the window an internal elevation to 1:100 scale would give the same view (30 mm = 3 m)

الشكـل رقم (١٠٥) الاستنـارة من السماء الصافية + الشمس




Correction factors: معامل التصحيح

| Sun: | 45° and opposite | | 45°/45° | |
|---|---|---|---|---|
| Louvre: | r = 0·45 | r = 0·70 | r = 0·45 | r = 0·70 |
| to C | ٢٠ | ٢٦ | ١٤ | ١٦ |
| to D | ١٥ | ١٦ | ١٠ | ١٤ |
| to E | ٠٨ | ١٠ | ٠٧ | ١٠ |




الشكل رقم (١٠٦): مثال استنارة غرفة من السماء الصافية + الشمس

الانعكاسيات:

| | |
|---|---|
| السقف | ٠,٨٠ |
| الجدارن | ٠,٦٥ |
| الأرضية | ٠,٣٠ |

المطلوب تعيين الاستنارية في مركز الغرفة (٢٥, ٥ متر من الشباك) على مستوى العمل.

١. تحسب مساحات السطوح

| | |
|---|---|
| الأرضية | ٧٨,٧٥م٢ |
| السقف | ٧٨,٧٥م٢ |
| الجدران كلها | ٩٩,٣٥م٢ |
| الشباك | ٨,٦٥٢ |
| المجموع | ٢٦٥,٥٠م٢ |

٢. تحسب نسبة مساحة الشباك الى مساحة السطوح كلها:

مساحة الشباك (W) مساحة السطوح ($A_1$)

مساحة الشباك (W) مساحة السطوح ($A_1$)

$$W/A_1 = \frac{8.65}{265.5} = 0.0325$$

٣ . يحسب متوسط الانعكاسية الداخلية :

$$r = \frac{78.75 \times 0.8 + 78.75 \times 0.3 \quad +}{99.35 \times 0.65 + 8.65 \times 0.15}$$

$$= \frac{152.5}{265.5} = 0.574$$

٤ . يعين موضع القيمة $(W/A_1)$ على المخطط على المقياس (A) والقيمة (r) على المقياس (B) . يرسم خط مستقيم يمر من تلك النقط . ثم يختار واحد من المقاييس المركزية :

C ـ للقريب من الشباك
D ـ لمركز الغرفة
E ـ لخلف الغرفة

وهكذا حيث تقطع الحافة المستقيمة المقياس (D) تقرأ قيمة الاستنارة وهي (١٩٩) لكس . وتكون هذه الاستنارة للحالة القائمة . عوامل التحويل واردة في المخطط (لانعكاسيات الكاسرات تساوي ٠,٤٥ ، ٠,٧٠) لمواضع شمس بزاوية ارتفاع ٤٥° مقابلة وزاوية ارتفاع ٤٥° مع زاوية فرق سمت تساوي ٤٥° . للطريقة هذه تحديدات واضحة يجب اعتبارها كمحاولة أولى لبناء أداة تنبؤ بسيطة .

٥,٣,١٣ طرقة اللومن

لقد تم اقتباس طريقة اللومن لتصميم الاضاءة (البند رقم ٥,٣,٢) وذلك للتنبؤ بضوء النهار . وكخطوة أولى وجدت قيمة الدفق الكلي الداخل من خلال الشباك (أو الشبابيك) ثم ضربت تلك القيمة بعامل الافادة للحصول على الاستنارة على مستوى العمل . وبذلك فان الطريقة مبنية على مفهوم الدفق الكلي للضوء خلافاً لطريقة عامل ضوء النهار التي بنيت على مفهوم الدفق المنفصل (المنفصل الى ثلاث مركبات (SC + ERC + IRC) .

اذا كانت الاستنارة الواقعة على الشباك معلومة (باللكس أو باللومن $Lm/m^2$ . وبضرب تلك القيمة في مساحة الشباك (م٢) فيتم الحصول على الدفق الكلي (باللومن) .

وتعتمد قيمة (UF) على المقياس النسبي للشباك وعلى موضعه بالنسبة للنقطة المعتبرة وعلى الأباجورات ونبائط التحكم الأخرى وعلى الانعكاسيات للسطوح الداخلية وعلى أبعاد الغرفة. يمكن قراءة قيمتها من الجداول الواردة في مرجع جمعية مهندسي الانارة الأمريكية ([86 ]IES ). وهذه الطريقة أكثر تعقيداً ونتائجها أقل دقة بكثير من طريقة منقلة ضوء النهار.

وفي منشورات استرالية [88 ] مظهر مبسط لذلك. فمن رسم بياني أساسي (الشكل ١٠٧) يمكن قراءة مستويات الاستنارة من نقاط على أبعاد مختلفة من الشباك (معبر عنها بمضاعفات ارتفاع قمة الشباك فوق مستوى العمل) من أجل نوافذ مستمرة بشكل قطع ضيقة. عوامل التصحيح يمكن أن تستعمل من أجل نوافذ مستمرة بشكل قطع ضيقة. عوامل التصحيح يمكن أن تستعمل من أجل النوافذ الضيقة والحواجز. النتائج التي نحصل عليها بهذه الطريقة تقريبية ولكنها سريعة وسهلة التطبيق.

٥,٣,١٤ دراسة النماذج

وبما أن الاستنارة الخارجية متغيرة باستمرار فانه من الضروري إقامة سماوات اصطناعية أي عمل ترتيبات إضاءة تقلد الاستنارات الحاصلة من نصف كرة السماء التي يمكن تحتها دراسة الاضاءة بضوء النهار على النماذج. يوجد نموذجان أساسيات من تلك السماء الاصطناعية وهما نوع نصف كروي ونوع مستطيل (مرأوي) (الشكل ١٠٨) [89 ].

للنوع النصف كروي ميزة التشابه الأبصاري القريب للسماء الصافية كما تشاهد وهذا ما يجعل هذه أداة مفيدة لغرض التعليم والتوضيح.

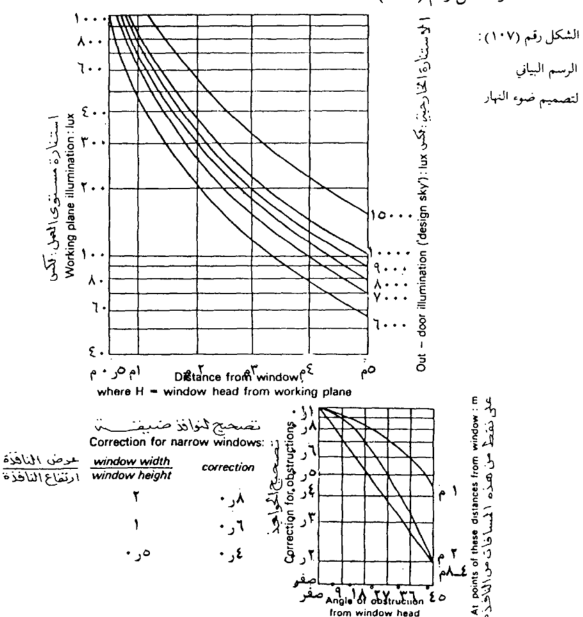
والنوع المستطيل تكون فيه جميع المصابيح فوق سقف ناشر والجدران الأربعة الأخرى مغطاة بالمرايا ولهذا النوع حسنة على النوع النصف كروي حيث يمكن تطوير أفق ظاهري في ما لا نهاية. وبذلك فان الاستنارة الداخلية في النموذج سوف تتبع بشكل إجمالي الوضعية الحقيقية.

يمكن أن تكون النماذج المستعملة من نوعين:

١ . للدراسات الكمية: لا تحتاج النماذج أن تكون واقعية وتعوض ظلال اللون الرمادي بدل الألوان الطبيعية (بانعكاسيات مناسبة) وقد يكون مقياس الرسم (١ : ٢٠) كافياً لهذا الغرض.

٢ . للدراسات النوعية: أي لتصميم نوعية إضاءة (مثل كمية إضاءة) فانه يجب بناء نموذج أكثر واقعية بشكل كاف إبصارياً يمثل الغرفة وأثاثها وتجهيزاتها ويكون مقياس الرسم ١ : ١٠ عادة ضرورياً.

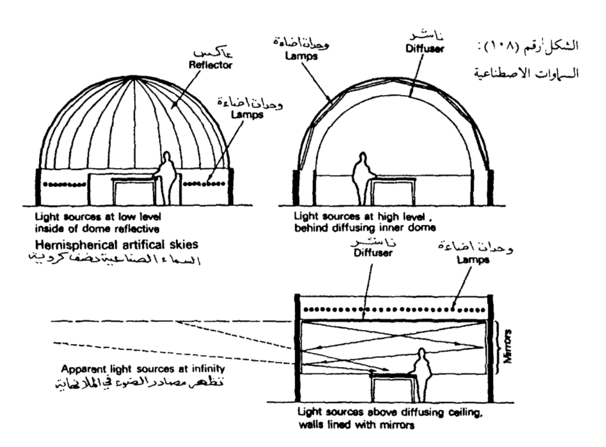
ومن أجل قياس الاضاءة النهارية في تلك النماذج فانه من المفيد بناء شبكة تساوي تقريباً (١م) وقياس الاستنارة عند كل نقطة من الشبكة. وعلى هذا الأساس فان الخطوط المتساوية اللكسات (خطوط كنتور ضوء النهار) يمكن أن توجد بطريقة الاستقراء بالتماثل مع ما ورد في البند رقم ٥,٣,٩) والشكل رقم (١٠٢).




الشكل رقم (١٠٧):
الرسم البياني
لتصميم ضوء النهار

طورت طرق الحسابات المختلفة بشكل واسع باستعمال نماذج للدراسة تحت سماء إصطناعية. والآن حتى لو كانت طرق الحسابات ممكنة التنفيذ فلا يزال لوضعيات بناء أكثر تعقيداً وغير نموذجية من المفيد اجراء دراسات نموذجية تحت سماء اصطناعية في مرحلة مبكرة من التصميم.

الشكل رقم (١٠٨): السماوات الاصطناعية




٥,٣,١٥ الابهار في الإضارة الكهربائية

وردت مشكلة الابهار في البند رقم (٥,١,١٢) وكتعريف فان الإبهار هو دالة لنسب الانارية:

$$g = F \frac{L_1}{L_2}$$

حيث:

$L_1$ = قيمة الانارية العليا

$L_2$ = قيمة الانارية الدنيا

F = دالة (function of)

وعلى أساس مخبري فقد عرف عاملان آخران:

أ ) يزداد الابهار بازدياد المساحة الظاهرية لمصدر الابهار مقاسة كزاوية ابصارية (ψ) ووحدتها (steradian) .

ب ) يعتمد الابهار أيضاً على موضع مصدر الابهار من حيث علاقته باتجاه الرؤيا كما معبر عنه بدليل الوضع (P) .

ودالة ذلك أي طبيعة هذا الاعتماد يعبر عنها بالقانون البنائي :

$$g = \frac{L_1^{1.6} \times \psi^{0.8}}{L_2 \times P^{1.6}}$$

حيث :

g = ثابت الابهار

L1 = انارية مصدر الابهار

L2 = انارية بيئة المصدر

$$\psi = \frac{\text{مساحة مصدر الابهار}}{\text{مربع المسافة}} = \frac{\text{م}^2}{\text{م}^2} = (\text{Steradian})$$

P = دليل الموضع

ولوصف ابهار تمديدات ضوء كهربائي فقد استنبط مفهوم دليل الابهار

G = 10 log (g)

ان قيم معايير الابهار المحددة مع مستويات الاستنارة الموصى بها متضمنة في بعض المراجع مثل [76,71 ] وفي الملحق ١ , ٩ تعطي بعض القيم النمطية. إن لها قيماً تتراوح ما بين ١٠ (في أكثر أهداف الرؤيا حرجاً) و٢٨ (في المواضع غير الحرجة)، بزيادة مقدارها ٣ . إن قيمة معيار الابهار المحدد يجب ان لا تزيده من قبل وحدات الاضاءة.

ويصف تقرير (IES) [87 ] الأسس النظرية ويعطي طريقة لحساب معيار الابهار، وتعطي جميع المعطيات الضرورية على شكل جداول ومخططات. وهنالك طريقة مبسطة قليلا، مع المعطيات المناسبة موضحة في دليل التصميم الداخلي للانارة (interior lighting design) [71 ] .

**٥,٣,١٦ الابهار في الاضاءة النهارية**

مشكلة الابهار في ضوء النهار مقصورة على المناخات المشمسة وقد ورد

ذكرها في البنود (٥,٢,٦)، (٥,٢,٧)، (٥,٢,٨) وفي معظم تلك الحالات لا تذهب التحليلات الى أبعد من ذلك التقييم النوعي وذلك جزئياً، لأن التحليل النوعي مطول وصعب، وجزئياً لأن الابهار ظاهرة ذاتية تعتمد بشكل كبير على توقعات الانسان وقابليته للتكيف وحتى على حالته النفسية.

واذا لزم تحليل كمي على أي حال فانه يمكن اتباع الطريقة التالية:

١ . يؤسس دليل ابهار حدي لمهمة ابصارية معلومة كهدف باستعمال الملحق ١,٩ والرجوع الى المراجع [71],[76]

٢ . يؤخذ المخطط (الشكل ١٠٩) وتؤسس انارية مصدر الابهار $L_1$ .

بالقنديلة/متر مربع (أي للشباك أو للمنظر المرئي من خلاله) وتوفر القيم الواردة في البند رقم ٥,٢,٢ أو في البند رقم ١,٣,٣ حتى البند رقم ١,٣,٨ ارشاداً تقريبياً ـ ويعين موضع كل من تلك القيم على المقياس A من المخطط (الشكل ١٠٩).

٣ . تقام الزاوية المجسمة المقابلة لمصدر الابهار في نقطة الرؤية وتقسم المساحة المسقطة لمصدر الابهار على مربع المسافة ويعين موضع تلك القيمة على المقياس B من المخطط.

٤ . توصل القيم المقامة على المقياس A والمقياس B وتعلم نقطة التقاطع مع المقياس المرجعي C .

٥ . تؤسس انارية البيئة $L_2$ أي انارية السطح المجاور لمصدر الابهار بالقنديلة / متر مربع ويعين موضع هذه القيمة على المقياس D .

٦ . يرسم مستقيم من تلك النقطة ومن خلال النقطة المعلمة على المقياس C الى المقياس E للحصول على ثابت دليل الابهار الأولي.

٧ . يعين دليل الموضع من الجدول المرفق مع المخطط وتعيين تلك القيمة على المقياس F .

٨ . توصل تلك النقطة على المقياس F مع ثابت دليل الابهار الأولي في المقياس E ويقرأ ثابت الابهار النهائي g من المقياس G .

تعاد العملية نفسها لكل مصدر ابهار ضمن الحقل الابصاري للحصول على كل من $(g_1 + g_2 + g_3 +...)$

يحسب دليل الابهار من المجموع لتلك القيم.

$$G = 10Log\,(g_1 + g_2 + g_3 + ...)$$

اذا كان دليل الابهار الناتج أكبر من القيمة الهدف المؤسس في الخطوة رقم ١ فانه من المحتمل ان يسبب الازعاج في الأحوال الواقعية لذلك يجب أتخاذ إجراءات وقائية من الابهار.

هنالك بعض الصعوبات في ضمان التنبؤ بقيم الانارية لمصادر الابهار القوية $L_1$ وما حولها $L_2$ بأي درجة من الدقة على أساس التصميم. يستطيع الشخص أن يحاول بأنه اذا كانت مثل تلك القيم المتنبأ بها للانارية ليست دقيقة بشكل معقول فلا فائدة كبيرة من اجراء الحسابات. واذا استعملت المتغيرات بشكل حساس بطريقة. توعية بحتة فانه من المحتمل أن تكون النتائج مرضية. وبذلك تكون الطريقة المذكورة أعلاه مفيدة فقط اذا أمكن التنبؤ بالاناريات بدقة معقولة.

الشكل رقم (١٠٩): مخطط الابهار الثابت

A — $L_1$ = source luminance, cd/m$^2$ — إنارة المصدر كاندلا/م٢

D — $L_2$ luminance of environment cd/m$^2$ — إنارة المحيط كاندلا/م٢

F — $p$ = position factor — معامل الموقع

C

G — Final glare constant = $g$ — ثابت الابهار النهائي

E — initial glare constant — ثابت الابهار المبدئي

B — Solid angle $\omega$ (steradians) — الزاوية المجسمة

الزاوية الأفقية
Horizontal angle
$\phi = \tan^{-1} L/R$

Glare source — مصدر الابهار
direction of view — اتجاه النظر
L lateral displacement
V vertical displacement
R horizontal distance

Vertical displacement V/R

| | صفر | ٦ | ١٠ | ١٧ | ٢٢ | ٢٧ | ٣١ | ٣٥ | ٣٩ | ٤٢ | ٤٥ | ٥٠ | ٥٤ | ٥٨ | ٦١ | ٦٣ | ٦٨ | ٧١ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١,٩ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٦٢ |
| ١,٨ | — | — | — | — | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٦١ |
| ١,٦ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٢ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ | ٥٨ |
| ١,٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٥٤ |
| ١,٢ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٥٠ |
| ١,٠ | ٠,٠٨ | ٠,٠٩ | ٠,٠٩ | ٠,١٠ | ٠,١٠ | ٠,١٠ | ٠,١٠ | ٠,٠٩ | ٠,٠٩ | ٠,٠٩ | ٠,٠٨ | ٠,٠٨ | ٠,٠٧ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٤٥ |
| ٠,٩ | ٠,١١ | ٠,١١ | ٠,١٢ | ٠,١٢ | ٠,١٢ | ٠,١٢ | ٠,١٢ | ٠,١٢ | ٠,١٢ | ٠,١١ | ٠,١٠ | ٠,٠٩ | ٠,٠٨ | ٠,٠٧ | ٠,٠٧ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٥ | ٤٢ |
| ٠,٨ | ٠,١٤ | ٠,١٥ | ٠,١٦ | ٠,١٦ | ٠,١٦ | ٠,١٦ | ٠,١٥ | ٠,١٥ | ٠,١٤ | ٠,١٣ | ٠,١٢ | ٠,١١ | ٠,٠٩ | ٠,٠٨ | ٠,٠٨ | ٠,٠٧ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٣٩ |
| ٠,٧ | ٠,١٩ | ٠,٢٠ | ٠,٢٢ | ٠,٢١ | ٠,٢١ | ٠,٢١ | ٠,٢٠ | ٠,١٨ | ٠,١٧ | ٠,١٦ | ٠,١٤ | ٠,١٢ | ٠,١١ | ٠,١٠ | ٠,٠٩ | ٠,٠٨ | ٠,٠٧ | ٠,٠٧ | ٣٥ |
| ٠,٦ | ٠,٢٥ | ٠,٢٧ | ٠,٣٠ | ٠,٢٩ | ٠,٢٨ | ٠,٢٦ | ٠,٢٤ | ٠,٢٢ | ٠,٢١ | ٠,١٩ | ٠,١٨ | ٠,١٥ | ٠,١٣ | ٠,١١ | ٠,١٠ | ٠,١٠ | ٠,٠٩ | ٠,٠٨ | ٣١ |
| ٠,٥ | ٠,٣٥ | ٠,٣٧ | ٠,٣٩ | ٠,٣٨ | ٠,٣٦ | ٠,٣٤ | ٠,٣١ | ٠,٢٨ | ٠,٢٥ | ٠,٢٣ | ٠,٢١ | ٠,١٨ | ٠,١٥ | ٠,١٤ | ٠,١٢ | ٠,١١ | ٠,١٠ | ٠,٠٩ | ٢٧ |
| ٠,٤ | ٠,٤٨ | ٠,٥٢ | ٠,٥٣ | ٠,٥١ | ٠,٤٩ | ٠,٤٤ | ٠,٣٩ | ٠,٣٥ | ٠,٣١ | ٠,٢٨ | ٠,٢٥ | ٠,٢١ | ٠,١٨ | ٠,١٦ | ٠,١٤ | ٠,١٣ | ٠,١١ | ٠,١٠ | ٢٢ |
| ٠,٣ | ٠,٦٧ | ٠,٧٢ | ٠,٧٣ | ٠,٦٩ | ٠,٦٤ | ٠,٥٧ | ٠,٤٩ | ٠,٤٤ | ٠,٣٨ | ٠,٣٤ | ٠,٣١ | ٠,٢٥ | ٠,٢١ | ٠,١٩ | ٠,١٦ | ٠,١٥ | ٠,١٣ | ٠,١٢ | ١٧ |
| ٠,٢ | ٠,٩٥ | ١,٠٢ | ٠,٩٨ | ٠,٨٨ | ٠,٨٠ | ٠,٧٢ | ٠,٦٣ | ٠,٥٧ | ٠,٤٩ | ٠,٤٢ | ٠,٣٧ | ٠,٣٠ | ٠,٢٥ | ٠,٢٢ | ٠,١٩ | ٠,١٧ | ٠,١٥ | ٠,١٤ | ١١ |
| ٠,١ | ١,٢٠ | ١,٢٦ | ١,٢٤ | ١,١٢ | ١,٠١ | ٠,٧٨ | ٠,٧١ | ٠,٦٨ | ٠,٦٢ | ٠,٥٣ | ٠,٤٦ | ٠,٣٧ | ٠,٣١ | ٠,٢٦ | ٠,٢٣ | ٠,٢٠ | ٠,١٧ | ٠,١٦ | ٦ |
| صفر | ١,٨٦ | ١,٧٢ | ١,٥٦ | ١,٣٦ | ١,١٠ | ١,٠٦ | ٠,٩٣ | ٠,٨٠ | ٠,٧٢ | ٠,٦٤ | ٠,٥٧ | ٠,٤٦ | ٠,٣٨ | ٠,٣٣ | ٠,٢٨ | ٠,٢٥ | ٠,٢٠ | ٠,١٧ | صفر |
| | صفر | ٠,١ | ٠,٢ | ٠,٣ | ٠,٤ | ٠,٥ | ٠,٦ | ٠,٧ | ٠,٨ | ٠,٩ | ١ | ١,٢ | ١,٤ | ١,٦ | ١,٨ | ٢ | ٢,٥ | ٣ | |

الزاوية العمودية θ

Horizontal displacement L/R
الازاحة الافقية L/R




# الضجيج والتحكم به

٦,١ الصوت ، الأساسيات

٦,٢ التحكم بالضجيج

٦,٣ مشكلات الضجيج في المناطق المدارية

## ٦,١ الصّوت : الأساسيات

٦,١,١ مقدّمة

٦,١,٢ طبيعة الصّــوت

٦,١,٣ موجــات الصّوت

٦,١,٤ القدرة والشدة

٦,١,٥ حساسية الأذن

٦,١,٦ طيف التردّدات

٦,١,٧ تأثيرات الضجيج

٦,١,٨ الضجيج في الحقل الحر

٦,١,٩ الضجيج في الفراغات المقفلة

٦,١,١٠ الانتشار

---

٦,١,١ مقدمة

تُعدُّ حاسة السمع واحدة من أهم وسائل الاتصال بالنسبة للانسان، وربما كانت الثانية بعد الرؤية. ولكن في الوقت الذي تغمض فيه العين عند تعرضها للضوء الشديد او المناظر التي لا يرغب في رؤيتها، فان الأذن مفتوحة طوال الحياة للأصوات المرغوب فيها وغيرها. ولهذا يجب أن تكون الحماية اذا كانت ضرورية في المحيط الخارجي.

وتستعمل كلمة الضجيج في التعبير عن الأصوات التي لا يرغب فيها، لذلك فان تعريف الضجيج مسألة نسبية. فقد يكون صوت انسان ما ضجيجا عند انسان آخر.

ونادراً ما تكون الأصوات في المناطق الريفية ضجيجا: ذلك لأنها تعطي إحساساً بالمشاركة في الحياة الاجتماعية ضمن الجماعة، وكذلك فهي نادراً ما تصل الى مستوى غير مقبول. وقد أفرزت المدنية زيادة في مصادر الضجيج (الصناعة والمرور والطائرات والمذياع . . . الخ)، كما أحدثت تغييراً في التصرفات الاجتماعية: ففي القرية يعرف الانسان كل الناس، حتى الصوت الذي يتكون من مصدر معروف ويعكس معلومات لها معنى، ولكن المدينة مليئة بالغرباء، وعدة أنواع من الضجيج غير معروف، ولا نستطيع احتماله كثيراً. إن الكثافة القليلة في المناطق الريفية تساعد في الحفاظ على مسافات كبيرة بين مصدر الضجيج والمستمع، وبذلك تقلل من الازعاج، اما في المدن ذات الكثافة السكانية العالية فثمة مصادر ضجيج اكثر ازعاجاً ـ كما أن المسافات بين المصادر والمستمعين اقل بكثير من مثيلاتها في القرية.

وحيث أن مصادر الازعاج تتضاعف، والمعضلات تزداد فقد وجب اتخاذ اجراءات وقائية.

ويمكن تقسيم علم الصوت ـ الصوتيات (acoustics) ـ بشكل عام الى قسمين رئيسيين:

١. التعامل مع الأصوات المرغوبة، أي خلق ظروف أكثر قبولاً لمستمع الصوت المرغوب فيه: وهو ما يسمى بصوتيات الغرف room acoustics.
٢. التعامل مع الأصوات غير المرغوب فيها، او ما يسمى التحكم بالضجيج Noise Control.

يُعدُّ المجال الأول هدفاً متخصصاً، وليس هنا مجال بحثه. ويُعدُّ التحكم بالضجيج ذا علاقة مباشرة بالعوامل التي تؤثر على التصميم المعماري، ولذلك فسوف يعالج ببعض التفاصيل في الأجزاء التالية:

وفي المناطق المدارية، رغم أن الضجيج في وقتنا الحاضر أقل بكثير منه في الأقاليم الصناعية الكائنة في المناخات المعتدلة، فان معضلات الغد لن تكون اقل سوءاً منها*. وعندما تصل الى تلك المرحلة، فان هدف المصمم يكون أصعب منه في المناخات المعتدلة للاسباب التالية:

أ ) ان جزءاً كبيراً من الحياة في المناطق المدارية يجري في الهواء الطلق، حيث يكون التحكم بالضجيج امراً عسيراً، مقارنة بالحياة التي تجري غالباً في الداخل في المناخات المعتدلة.

ب) إن هنالك تعارضاً بين المتطلبات الحرارية والسمعية، خصوصاً في المناخات الدافئة الرطبة، حيث يتكون المبنى من وحدات انشائية خفيفة، بفتحات متسعة، ولذلك لن تكون مؤثرة في التحكم بالضجيج الذي يدخل المبنى.

ويتأثر تصميم المباني في المناطق المدارية تأثراً كبيراً بالاعتبارات الخاصة بالضجيج*. ويعتمد التحكم بالضجيج على أسس التخطيط وقرارات المصمم، أكثر من التفاصيل الانشائية. وتصبح المعالجات الوقائية صعبة المنال. ويتطلب ذلك من المصمم بعداً في النظر ومهارة عالية. كما ينبغي له أن يكون عارفاً بمعضلات الضجيج وبطرق التحكم به، بالنسبة لاقرانه العاملين في المناخات المعتدلة. ولهذا السبب، وقبل أن نتفحص المشكلات الخاصة بالمناخات المدارية، يجب أن نراجع الطرق المتبعة في التحكم بالضجيج تحت أي ظرف. ومن شأن ذلك أن يؤمن مجموعة طرق يمكن الاعتماد عليها كمتطلبات لاحقة للرجوع إليها عند الحاجة. ولكن لا بد من مراجعة سريعة للأسس الفيزيائية والفسيولوجية (الخاصة بالأعضاء).

٦.١.٢ طبيعة الصوت

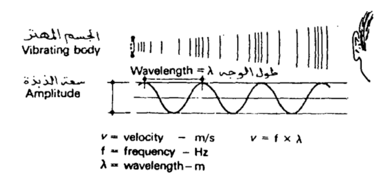
ويمكن تعريف الصوت بأنه الاحساس بالسمع الناتج عن اهتزاز وسيط يؤثر على طبلة الأذن، ولكن المصطلح عادة ما يعني الاهتزازات نفسها.

إن مصدر الصوت عادة ما ينتج عن اهتزاز جسم صلب (مثل حبل أو صفيحة) يولد اهتزازات في الأذن، ولكن يمكن أن يتولد من ترددات في وسط غازي، مثل الهواء الذي يهتز نتيجة لتصفير أو خفقان.

إن الوسط الذي يحملها الى الأذن يمكن أن يكون غازاً (هواءاً) أو سائلا، حيث تنتقل الترددات على شكل حركة موجات طولية أي مجموعة من التضاغطات والتخلخلات المتتابعة. يوضح الشكل (١١٠) الموجات الطولية ممثلة بيانياً على شكل منحنى جيبي. أما إذا كان الوسيط الحامل صلباً، فان الموجات قد تنتقل على شكل حركة موجات جانبية (حركة حقيقية من نوع منحنى جيبي).

* إن الضجيج في المناطق المدارية أسوأ بكثير منه في البلدان الصناعية، ذلك نظراً لسوء التخطيط في تحديد المناطق السكنية والصناعية ولسوء تخطيط الطرق السريعة واستعمال السيارات وغيرها من وسائل الازعاج «المترجم».

الشكل (١١٠):
موجات الصوت




ويحدد طول الموجة (أو التردد Frequency ، الذي هو عدد الموجات في وحدة الزمن) درجة (أو نغمة) الصوت. ويشار الى الشدة بقيمة سعة التردد (Amplitude) في المنحنى الجيبي.

| بعض الترددات النمطية بالهيرتز | $(H_z)$ |
| --- | --- |
| النغمة السفلى لمغني عميق النغمة | 100 |
| النغمة العليا لمغني عالي النغمة | 1200 |
| مدى ترددات البيانو الشامل | 25 to 4200 |
| النغمة العليا للناي (flute) الصغير | 4600 |

(تردد واحد $1H_z$ ) = موجة واحدة / ثانية)

٦,١,٣ موجات الصوت

يمكن وصف حركة الموجة بثلاث كميات مختلفة:

طول الموجة بالمتر wavelength = λ (انظر الشكل ١١٠).

عدد الاهتزازات في الثانية أو التردد بالهيرتز f = frequency (Hz)

السرعة (م/ث) v = velocity (m/s)

والعلاقة بين الكميات السابقة مايلي:

$$V = f.\lambda$$

ولذلك، اذا علم اثنان منها أمكن إيجاد الثالث.

إن قيمة (V) تكون ثابتة في وسيط حامل معلوم الكثافة. وبما أن كثافة الهواء تتغير بتغير درجات الحرارة، فان سرعة الصوت (في الهواء) أيضاً تتغير بتغير درجة الحرارة واليك بعض سرعات الصوت في أوساط مختلفة (m/S)

| | | |
|---|---|---|
| هواء بدرجة حرارة | ـ ٢٠°م | ٣١٩,٣م/ث |
| | صفر°م | ٣٣١,٨م/ث |
| | ٢٠°م | ٣٤٣,٨م/ث |
| | ٣٠°م | ٣٤٩,٦م/ث |

(وللحسابات السريعة تؤخذ ٣٤٠م/ث).

| | | |
|---|---|---|
| الغازات | : هيدروجين | ٢٨٤ |
| | اكسجين | ٣١٦ |
| | ثاني اكسيد الكربون | ٢٥٩ |
| السوائل | : ماء | ١٤٣٧ |
| | مياه البحر | ١٥٤١ |
| | بنزين | ١١٦٦ |
| مواد صلبة | : حديد | ٦١٠٠ |
| | خشب الصنوبر | ٢٥٦٠ |
| | طوب | ٣٦٥٠ |

٦,١,٤ القدرة والشدة

إن ناتـج خرج مصدر صوت يقاس بمعدل تدفق الطاقة (Power) في وحدة الواط (Watt, W) أن معدل خرج بعض المصادر (بالواط) هي كمايلي:

| | | |
|---|---|---|
| طائرة نفاثة | ١٠٠٠٠ | ($١٠^{٤}$) |
| مدسرة برشام | ١ | |
| مروحة مركزية (٥٠ كيلواط) | ٠,١ | ($١٠^{-١}$) |
| فرقة موسيقية كبيرة | ٠,٠١ | ($١٠^{-٢}$) |
| محادثة | ٠,٠٠٠٠١ | ($١٠^{-٥}$) |

إن قوة (Strength) صوت معين في وسيط حامل (كالهواء) تقاس عادة بالشـدة (intensity) ، التي تعـرّف بمعـدل كثـافـة الطاقة المتدفقة في وحدة المساحة، واط/م٢.

عنـدمـا يصـدر مصدر صوت نقطي صوتاً (أو أي شكل من أشكال الطاقة) منتظماً في جميع الاتجاهات، في حقل حر، (خالي من الانعكاسات)، فانـه ينتشر على شكل سطح كروي، متزايد القطر. إن كمية الطاقة نفسها تتوزع على سطح أوسع لذلك فان الشدة سوف تتناقص. وعلى مسافة (d) متر من المصدر فان الشدة سوف تصبح [90] .

$$I = \frac{W}{4 \pi d^2}$$

حيث مساحة سطح الكرة هو $4 \pi d^2$

I شدة الصوت واط /م٢. $(W / m^2)$

W : قدرة (Power) الصـوت بالـواط وهـذا يعـرف بقـانـون الـتربيـع العكسـي (the inverse square law)

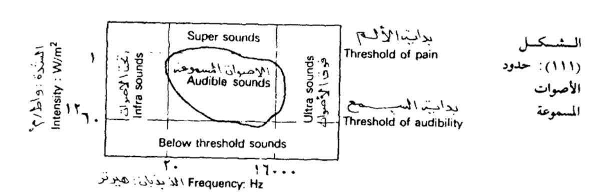
٦،١،٥ حساسية الأذن

يمكن للانسان العادي أن يسمع مدى من الذبذبات يتراوح ما بين ٢٠ ـ ١٦٠٠٠ هيرتز ولكن ذلك يتناقص مع الزمن وعوامل ذاتية أخرى.

إن أقل شدة يمكن إدراكها كصوت هي :

$10^{-12}$ W/m² (or 1 p W/m² = 1 picowalt/m² )

وهـذا الحـد مأخـوذ على أنـه مدخل السمع threshold of audibility القياسي والحد الأعلى المسمى مدخل الألم (threshold of pain) عندما تكون الشدة ١ واط/م٢. إن الاهتزازات فوق هذه الشدة تسبب ألماً ويمكن أن تضر بالأذن.




الشكل (١١١) : حدود الأصوات المسموعة

ويبين الشكل ١١١ الحدود المسموعة من الأصوات كعلاقة بين التردد والشدة.

ان للاذن تركيبة دفاعية مبنية فيها: اذ تتناقص حساسيتها للأصوات عالية الشدة. إن استجابتها، في الحقيقة متناسبة مع لوغرثم الشدة، ويكون مقياس مستوى الصوت (Sound Level) أو مقياس الديسبل (decible, dB) هو لوغرثم نسبة شدة الصوت المقاسة إلى الشدة عند مدخل السمع.

ويكون عدد الديسيل (N) [91]:

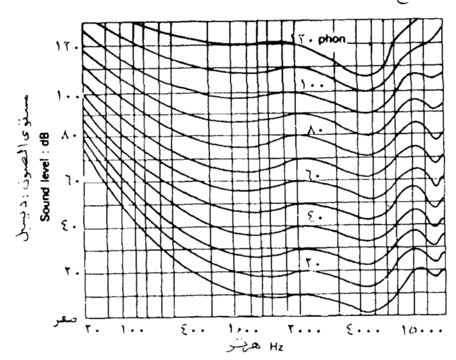
$$N = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

حيث I = الشدة المقاسة

$I_0$ الشدة المرجعية

وبهذا يمكن المقارنة بين الشدة واط /م٢ ومستوى الصوت ديسيل.

| نوع الصوت | الشدة w/m$^2$ | مستوى الصوت dB |
|---|---|---|
| طيارة نفاثة على بعد ١ كم | ٠,٠١ | ١٠٠ |
| ضجيج مرور كثيف على بعد ١٠مم | ٠,٠٠١ | ٩٠ |
| في المكتب مع ١٠ طابعات | ٠,٠٠٠٠٠١ | ٦٠ |




الشكل (١١٢): خطوط الشدة الصوتية المتساوية

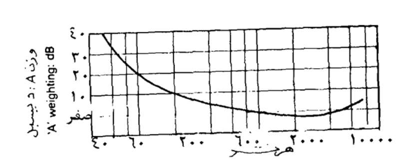
إن حساسية الأذن ـ كما هو موضح في الشكل (١١١) تختلف باختلاف تردد الصوت. ان مستويات الأصوات ذات الترددات المختلفة التي تدركها **الأذن بالشدة نفسها (الجهارة)، موضحة في الشكل (١١٢) بمنحنيات الشدة** الصوتية المتساوية (Equal Loundness Contours) . ويبين هذا المنحنى الارتفاع (الجهارة) أو مقياس الفون. (Phon scale) . وتتطابق قيم الفون وقيم الديسبل في الترددات ١٠٠٠ هرتز، ولكنها تختلف في بقية الترددات..

ولا يمكن قياس الارتفاع (الجهارة) مباشرة. وقد بنيت عدة دوائر كهربائية موزونة (Weighting) لتعديل قراءة مقياس مستوى الصوت (Sound Level Meter) . إن المقياس الموزون "A" (تعديل قراءة الأجهزة لتناسب مقياس معين)، كما هو موضح بشكل (١١٣)، يساوي شكل منحنى الارتفاع (الجهارة) تقريباً، وبهذا، فان قراءة المقياس dBA تعطي قيم الفون (Phon) .

الشكل (١١٣): الوزن لايجاد dBA

1.05 X dBA + 10 = phone

80dBA = 94 phone




٦,١,٦ طيف الترددات

إن رقماً واحداً من الديسبل (dB) يعطي فكرة تقريبية لوصف صوت معين. أما قيمة المقياس (dBA) فتعطي مؤشراً على التأثير الذاتي لذلك الصوت. ولوصف الصوت كاملا، لا بد من عمل منحنى طيفي للترددات، يوضح مستوى الصوت بالديسبل لكل تردد (أو نطاق جواب من الترددات (Octarve band)، أو ثلث نطاق الجواب (third octarve band) مقيسة منفصلة.

إن اختلاف الجواب بين صوتين يعني مضاعفة التردد مثل ٧٥ ـ ١٥٠ هرتز، أو ١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠ هرتز. إن مدى جميع الترددات تقع ضمن جواب

يشار إليه، «نطاق جواب». في معظم الحالات العملية نستعمل أجوبة النطاق التالية بالهرتز:

٣٧,٥ ـ ٧٥
٧٥ ـ ١٥٠
١٥٠ ـ ٣٠٠
٣٠٠ ـ ٦٠٠
٦٠٠ ـ ١٢٠٠
١٢٠٠ ـ ٢٤٠٠
٢٤٠٠ ـ ٤٨٠٠
٤٨٠٠ ـ ٩٦٠٠

عند قياس صوت ما، يستعمل مرشح امرار نطاقي (band-pass filter) متصلا مع مقياس مستوى الصوت، يسمح بمرور جواب نطاق واحد فقط في ذلك الوقت (يمكن تغيير جواب النطاق فيقرأ مستوى الصوت الجديد). ويتم بناء الطيف الكلي لذلك الصوت بقياسات متتالية وذلك بتوقيع قيمة مستوى الصوت في كل تردد (انظر الشكل ١٣٢).

٧,١,٦ تأثيرات الضجيج

يمكن أن يسبب الضجيج ذو المستويات المختلفة تأثيرات سيكولوجية (نفسية) وفسيولوجية (متعلقة بالوظائف).

يمكن لمستوى صوت مقداره (65 dBA) أو صوت غير مرغوب فيه أن يسبب ازعاجاً، ولكن تأثير ذلك نفسي فقط (تأثير عصبي). ويمكن أن تسبب المستويات الأعلى من ذلك آثاراً وظائفية كالتشتت الذهني والتعب الشديد.

أما التعرض الى مستوى (90 dBA) لعدة سنوات فانه عادة ما يسبب صمماً دائماً.

واذا تعرض الانسان الى مستوى (100 dBA) لمدة قصيرة فقد يفقد سمعه لفترة، واذا كانت مدة التعرض كبيرة فان ذلك عادة يسبب اتلاف أعضاء السمع تلفاً لا يمكن اصلاحه.

(120 dBA) ـ تسبب الماً.
(150 dBA) ـ تسبب فقدان سمع فوري.

إن مستويات الأصوات المقبولة لا تعتمد فقط على العوامل الموضوعية «العوامل الفيزيائية» ولكن على العوامل الذاتية أو الشخصية أيضاً، كالعوامل النفسية، ويعتمد ازعاج الصوت من عدمه على حالة العقل أو توقع المستمع لهذا الصوت، ففي قطار النوم (قطار ينام فيه المسافر خلال سير القطار) فان الصوت الرتيب، الذي يخرج من دوران عجلات القطار على السكة، الذي يصل الى حوالي 70−80 dBA ، لا يكون مزعجاً. ولكن، في بيت هادىء، إذا كان المستمع (نائماً)، فان صوت الساعة الذي لا يزيد عن 20 dBA يمكن أن يسبب ازعاجاً كبيراً.

ويؤثر الصوت على التركيز تأثيراً معكوساً، وخصوصاً إذا كان الصوت غير المرغوب فيه يحتوي على بعض المعلومات.

وعلاوة على ذلك، فان التوقعات والمواقف، تعتمد على الظروف الاجتماعية والحضارية كالعادات، فان تقبل الناس للصوت يمكن أن يتغير بتغير طبيعة المجتمع الذين هم جزء منه.

٦،١،٨ الصوت في الحقل الحر

إن قانون التربيع العكسي (٦،١،٤) قابل للتطبيق في ظروف الحقل الحر (free field) فقط، حيث لا حواجز، ولا أجسام صلبة ينعكس عنها الصوت. إن ظروف الهواء الطلق تُعدُّ حقلا حراً تقريباً.

وتبعاً لقانون التربيع العكسي، فان شدة الصوت تقل بمقدار الربع كلما ضاعفنا المسافة (بين المصدر والمستقبل) ونظراً للعلاقة اللوغرثمية في مستوى الصوت، فان مضاعفة المسافة يسبب نقصاً في مستوى الصوت مقداره ٦ ديسبل بغض النظر عن قيمة الشدة.

مثال

صوت على بعد ١ كم من المصدر:

وعلى بعد ٢ كم

$$I = 0.01\ W/m^2$$

$$I' = 0.0025\ W/m^2$$

$$N' = 10 \log \frac{10^{-2}}{10^{-12}} = 10 \log 10^{10} = 100\ dB$$

$$N'' = 10 \log \frac{25 \times 10^{-4}}{10^{-12}} = 10 \log (25 \times 10^{8})$$

$$= 10(1.4+8) = 94 \text{ dB}$$

or

Speech at 2 m : $I^{-} = 10^{-8}$ W/m²

at 4 m : $I^{-} = 25 \times 10^{-10}$ W/m²

$$N^{-} = 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}} = 10 \log 10^{4} = 40 \text{ dB}$$

$$N'' = 10 \log \frac{25 \times 10^{-10}}{10^{-12}} = 10 \log (25 \times 10^{-2})$$

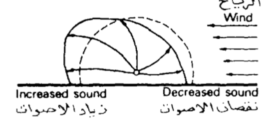
$$= 10(1.4 + 2) = 34 \text{ dB}$$

كما تؤثر المسافة على الصوت عن طريق امتصاص جزيئات الوسيط الناقل. ويكون التوهين الناتج عن امتصاص جزئيات الهواء ذا قيمة فقط في ترددات الصوت العليا. لكل ٣٠٠ متر تكون قيمة التوهين:

1 dB at 1000 Hz

40 db at 9000 Hz

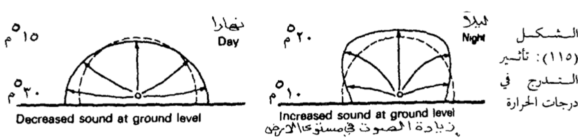
من هنا يسمع الصوت العالي من مسافات بعيدة على ترددات منخفضة. وذلك بسبب امتصاص الترددات العالية من ذرات الهواء.




الشكل (١١٤): تأثير تدرج سرعة الرياح

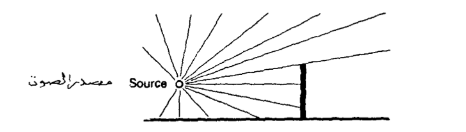
وتتدرج السرعة عندما يكون الهواء متحركاً (ريحاً)، (انظر الشكل ٢٥)، لذلك فان مقدمة الموجة الكروية ستتشوه. ويوضح الشكل ١١٤ كيف ينتج عن ذلك زيادة في سرعة الصوت الهابط ونقصان في سرعة الصوت الصاعد.

الشكل (١١٥): تأثير التدرج في درجات الحرارة




وبما أن سرعة الصوت تتناسب طردياً مع درجة الحرارة، فان التدرج في درجات الحرارة سيحرف أيضاً مقدمة الموجة الكروية. ويوضح الشكل ١١٥، كيف أن سرعة الصوت تزداد على مستوى الأرض مساء، وتقل في أثناء النهار.

الشكل (١١٦): ظلال الصوت في الترددات العالية




تحدث الحواجز بين المصدر والمستمع منطقة ظل للصوت (الشكل ١١٦) اذا كانت ترددات الصوت عالية. أما اذا كانت منخفضة فان الصوت يحيد (diffracted) على حافة الحاجز (الشكل ١١٧) ولهذا فان تأثير منطقة الظل يصبح غير واضح واذا كان مقياس الحاجز (باتجاه عمودي على ممر الصوت) أقل من طول موجة الصوت، فان تأثير ظلال الصوت يختفي. وفي الموجة ٣٠ هيرتز الطول أكبر من ١٠م، لا يكون لأي حاجز أثر اذا كان ارتفاعه دون ١٠م [92].

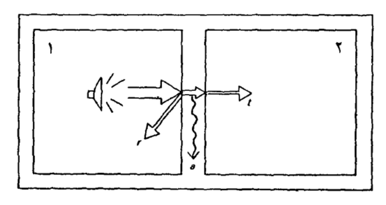
٦,١,٩ الضجيج في الفراغات الداخلية

ينعكس جزء من الصوت الساقط على سطح جسم صلب (مثل الحائط). ويمتص جزء آخر (يتحول الى حرارة) وينتشر الباقي في الهواء في الجهة المقابلة (الشكل ١١٨). ويعني مصطلح معامل الامتصاص (absorp-

Source مصدر الصوت

الشكل (١١٧): الحيود على الموجات المنخفضة

tion Coefficient) عادة ليعبر عن الأجزاء من الطاقة الصوتية التي لم تنعكس (أي الطاقة التي امتصت والتي انتقلت). ويدل معامل الامتصاص على كسر عشري (أقل من ١) وهو كمية ليس لها وحدة.




الشكل (١١٨): انتشار الصوت المنقول جيداً

r + a + t = 1

حيث r = منعكس

a = ممتص

t = منتقل

للغرفة ١ : معامل الامتصاص = a + t

(ليس جميع ذلك منعكساً 1−r )

للغرفة ٢ : معامل الامتصاص = t لا يقل r + a

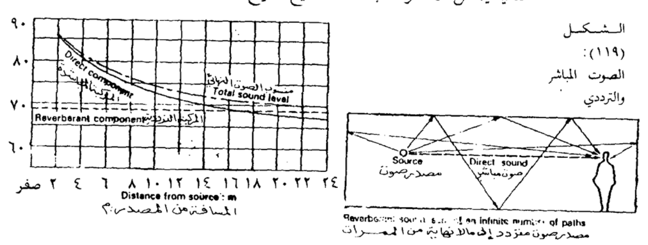
عندما يحدث الصوت في فراغ مغلق، فانه يحدث انعكاساً على أسطح الفراغ: ويقوي الجزء المنعكس الصوت داخل الفراغ، ويفقد الباقي ضمن النظام.

إن كمية الامتصاص (A) تساوي معامل الامتصاص مضروباً في المساحة A = a.S

وتقاس بوحدة النافذة المفتوحة، التي هي كمية الامتصاص من نافذة مساحتها ١م٢ ولها معامل امتصاص مقداره ١ (معامل الانعكاس = صفر) وينعكس الصوت المحدث في فراغ معين، وان كان من مصدر صوت واحد، في اتجاهات متعددة ويشار إلى مثل هذا الحقل الترددي (Reverberent field). ويكون مجموع الصوت الواصل الى أية نقطة في هذا الفراغ مكوناً من مركبتين:

أ) المركبة المباشرة.
ب) المركبة الترددية.

وكما هو موضح في الشكل ١١٩، فان المركبة الأولى تقل بالمسافة، ولكن الثانية يمكن أن تكون ثابتة خلال جميع الفراغ.




الشكل (١١٩): الصوت المباشر والترددي

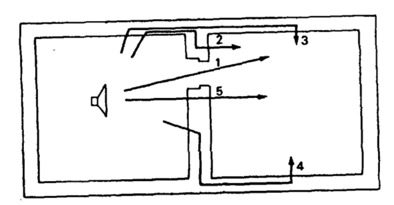
٦,١,١٠ الانتشار

إن مقدار المركبة الترددية يعتمد على نوعية المواد العازلة لأسطح الغرفة، وكلما زادت كمية امتصاص الأسطح، قل مقدار المركبة الترددية، ويمكن القول كقاعدة تقريبية سريعة، كلما تضاعفت كمية المواد الماصة في الفراغ، يقل مستوى الصوت الترددي بمقدار ٣ ديسبل. واذا كنت جميع الأسطح في فراغ معين كاملة الامتصاص، فان الظروف تكون مشابهة للحقل الحر. وتكون المركبة الترددية صفراً.

عندما يصطدم الصوت المحمول جواً بجسم صلب، فان بعضاً من الطاقة من جزيئات الهواء المهتز سوف ينتقل الى المادة الصلبة وتحرض جزيئاتها الصلبة للاهتزاز. وتنتقل الاهتزازات في الجسم الصلب كصوت منقول من الانشاء (Structure borne sound)، ويمكن أن يعاد نقل هذا الاهتزاز مرة

أخرى إلى الأسطح المقابلة. ويبين الشكل ١٢٠ بعض ممرات الصوت الممكنة المتصلة بمصدر ما في غرفة، الى مستمع في الغرفة المجاورة، ويُعَدُّ الممر الأول من الممرات الخمسة لنقل الصوت بواسطة الهواء، والثاني والثالث والرابع لنقل الصوت عبر عناصر المنشأ. أما الممر الخامس، بصفة خاصة، فيستخدم لنقل الصـوت بواسطة المنشأ. وللأهداف العملية، يكون الصوت المنتقل خلال حائط عمودي على مستوى الصوت صوتاً منقولاً بواسطة الهواء.

إن الطريقة الوحيدة لتقليل انتقال الصوت عبر أجزاء المنشأ هي منع انتشار الترددات وذلك بادخال عناصر انشائية لمنع الاتصال بين عناصر المنشأ نفسه. كأن يكـون ذلـك عزلاً فيزيائياً أو بعناصر اتصال مرنة. وربما تولد الصوت المنقول بواسطة المنشأ بطرق آلية: كاهتزاز آلة صدمة ما ويشار للحالة الأخيرة بالصوت الصدمي (impact sound).




الشـكـل (١٢٠): ممرات انتقال الصوت

## ٦,٢ التحكم بالضجيج

- ٦,٢,١ طرق التحكم بالضجيج
- ٦,٢,٢ التباعد والحواجز
- ٦,٢,٣ التخطيط
- ٦,٢,٤ التخفيض عند المصدر أو قريباً منه
- ٦,٢,٥ التخفيض ضمن الفراغ
- ٦,٢,٦ عزل الضجيج
- ٦,٢,٧ متطلبات التحكم بالضجيج
- ٦,٢,٨ أداء التحكم بالضجيج
- ٦,٢,٩ الانشاء متعدد الطبقات
- ٦,٢,١٠ أجهزة التهوية

---

٦,٢,١ من وجهة نظر تصميم المبنى، من المفيد ان نميز بين:

أ ) الضجيج الخارجي

ب ) الضجيج الداخلي

بالنسبة للضجيج الخارجي، فان المصمم يستطيع أن يحقق الحماية منه باستخدام الوسائل التالية [٩٥]:

١ . المسافة.

٢ . تجنب المناطق ذات الأصوات المتجهة.

٣ . الحواجز.

٤ . التخطيط: باستعمال أجزاء من المبنى غير حساسة للصوت كحواجز للأجزاء الحساسة.

٥ . توقيع الفتحات بعيداً عن مصدر الازعاج.

٦ . الحوائط الخارجية كعازل للضجيج.

أما الضجيج المتولد داخل المبنى، فان المصمم يستطيع أن يتخذ الاحتياطات التالية:

١. تخفيض عند المصدر.
٢. عزل المصدر أو إغلاق مكانه، أو استعمال حواجز ماصة.
٣. التخطيط: أو عزل الفراغات ذات الضجيج عن الهادئة، ووضع مساحات محايدة بينها.
٤. وضع الأجهزة والمعدات ذات الضجيج في أكثر الأجزاء المصمّتة (مثل: الطوابق تحت الأرض).
٥. تقليل الأصوات الصدمية بتغطية الأسطح بمواد مرنة.
٦. تقليل الضجيج في الفراغ حيث يتولد، بوضع مواد ماصة على أسطح الفراغ.
٧. تقليل انتقال الصوت المنقول بواسطة انشاءات محكمة ومواد عازلة.
٨. تقليل انتقال الصوت المنقول بواسطة عناصر المنشأ بتقليل الوصلات بين العناصر المختلفة.

سنناقش جميع هذه الطرق بتفصيل أكبر في الفقرات التالية:

٦.٢.٢ التباعد والحواجز

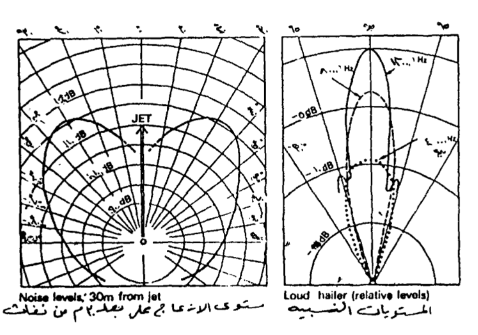
اذا كان موقع المبنى محدداً، وكان للمصمم حرية توقيع المبنى وكان هنالك مصدر ضجيج في أحد اتجاهات الموقع (كطريق كثيف بالمرور)، فانه من المنصوح به، توقيع المبنى بعيداً عن مصدر الازعاج قدر الامكان. إنه من المستحسن أن نتذكر أنه كلما ضاعفنا المسافة (عن مصدر صوت) فان مستوى الصوت ينقص بمقدار ٦ ديسبل*. وعلى سبيل المثال، اذا قيس مستوى صوت على بعد ٥ م من مركز طريق (مصدر الصوت) فان مستوى الصوت يقل الى:

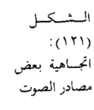
| | | |
|---|---|---|
| ٥٩ | ديسبل على بُعد | ١٠ م |
| ٥٣ | ديسبل على بُعد | ٢٠ م |
| ٤٧ | ديسبل على بُعد | ٤٠ م |

ويعتبر هذا المستوى الأخير مقبولاً تماماً حتى في المناطق السكنية.

* هذا صحيح اذا كان المصدر صوتا نقطيا، والحقل هو الحر فقط (المترجم).

وتُعدُّ بعض المصادر ذات اتجاهية قوية، كما هو موضح في الشكل ١٢١ . ويمكن أن تُعَدُّ حزمة من صوت بحدّه الأعلى الموقع (خصوصاً اذا كان الموقع متسعاً)، أما نتيجة الى مصادر صوتية ذات اتجاهية قوية أو نتيجة لتوجيه الصوت من التضاريس المحلية. ويمكن اكتشاف وجود مثل هذا الازعاج عن طريق مسح ازعاج المناخ (noise climate) في الموقع. وعندئذ يجب أن يوقع المبنى بعيداً عن مثل هذا الازعاج.





الشكل (١٢١): اتجاهية بعض مصادر الصوت

إن تأثير الحواجز كالحوائط والأسوار والأشجار: : الخ. يمكن أن يستفاد منه في تقليل الازعاج الواصل للمبنى. يجب توقيع مثل هذه الحواجز بطريقة تناسب أي تأثيرات أخرى كالتضاريس المحلية.

ويبين الشكل (١٢٢) بعض الاحتمالات. وكقاعدة عامة فان الحاجز لكي يكون أكبر تأثيراً يجب أن يكون قريباً بقدر الامكان من المصدر. وان الموقع المفضل الآخر للحاجز قريباً من المبنى المراد حمايته. وان الحاجز الأقل كفاءة يقع في وسط المسافة بين المبنى والمصدر. ونادراً ما تعتمد على الحواجز كطريقة ناجحة للحماية من الازعاج، ولكنه يساعد في بعض المواقع الحساسة.

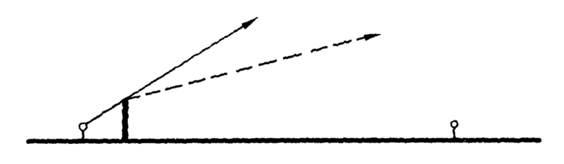
٦,٢,٣ التخطيط

إن تخطيط مبنى ما يعتمد، بشكل واضح، على مجموعة من العوامل الاخرى غير الازعاج، ولكن الحماية من الازعاج يجب أن تضاف الى العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار. إن الأهمية النسبية أو وزن عامل التحكم بالضجيج يعتمد على هدف المصمم الخاص. ويمكن أن يكون هذا الهدف سائداً، في مثل صفوف المدارس بالقرب من طريق سريع، أو غيرها مما يحتاج الى هدوء اضافي.

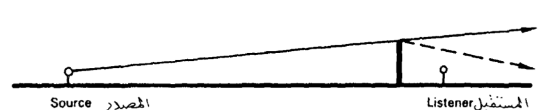
الشكل (١٢٢): تأثير حجب الحواجز

Broken line indicates without barrier

الخط المنقوط بوضح الاتجاه بدون حاجز








Broken line indicates the same degree of diffraction.
Best position for barrier : nearest to the source.
Worst position: half-way between source and listener

يمكن التحكم بالازعاج الخارجي عن طريق التخطيط بطريقتين هما:

أ ) حجز المناطق غير الحساسة للازعاج، حيث لا يسبب الصوت ازعاجاً، ووضع هذه المناطق بجانب المبنى (بشكل حاجز من المبانى أو جناح) قريبة من مصدر الازعاج. وبهذا تكون هذه المناطق أو المباني حاجزاً وحماية الى المناطق الأكثر حساسية في المبنى.

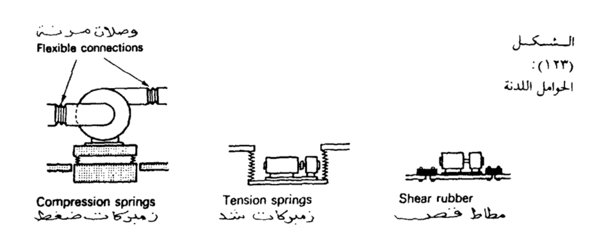
ب ) توقيع الشبابيك أو توجيهها بعيداً عن مصدر الازعاج. وتعتبر الشبابيك، عادة، أضعف جزء في الغلاف الخارجي للمبنى، لذلك كان المنطق أن توضع هذه الفتحات في المناطق الأقل تعرضا للازعاج. وهنالك أمر آخر، هو أن شكل المسقط يمكن تغييره لتحقيق الحماية أو الحجز من بعض الجوانب. ويمكن وضع بعض العناصر الخاصة (أجنحة وحوائط وحواجز) لتحقيق حماية إضافية جانبية.

٦,٢,٤ وبالرغم من أن هذا ليس من اختصاص المعماري إلاّ أنه علينا أن ننظر كيف يصدر مصدراً ما ضجة عادة ما يكون مصدر الصوت آلة مهتزة. وهنا يمكن أن تكون الذبذبات التي لا يمكن تجنبها تحت مستوى الذبذبات المسموعة: هذا لا يطلق عليه صوت. وقد تكون هنالك بعض الأجزاء غير

الأساسية على كل حال، مثل غطاء معدني، فانه يكون له ذبذبة رنين تتطابق مع إحدى الحركات التوافقية للاهتزازات العليا. (التوافقات هي الذبذبات ٢، ٤، ٨، ١٦ ... الخ، مرات الذبذبة الأصلية) وقد يهتز هذا الجزء اهتزازات ضمن الذبذبات المسموعة، وعندئذ تصبح مصدر ازعاج. ويمكن تغير ذبذبة الرنين (resonance) الصادر من هذا الجزء بسهولة، وذلك بتغيير تثبيته، باستعمال بعض أنواع التقوية، أو بتغييرها بعنصر أثقل.

وينتقل اهتزاز الذبذبات تحت الذبذبات المسموعة خلال عناصر المنشأ وتعود مرة ثانية للتولد في مكان آخر بعيداً في المبنى في عنصر له ذبذبة رنين مماثلة. وهنا فان الأهداف العامة للتحكم بالضجيج يمكن تطبيقها. كلما كان المصدر قريباً، كانت أساليب الحماية أسهل.

من المفضل وضع الآلة المهتزة عند تثبيتها على حاضن لدن، قابل للتكييف (الشكل ١٢٣)، ويفصلها عن عناصر المبنى الانشائية، بحيث ان الاهتزازات لا تنتقل الى أجزاء المبنى. وحتى يكون ذلك مؤثراً، فان ذبذبة الرنين للحاضن نفسه يجب أن تكون أقل من اهتزاز الذبذبة التي ينبغي عزلها.




الشكل (١٢٣): الحوامل اللدنة

اما الصوت المنقول جواً فيمكن معالجته قريباً من المصدر. فان سمح الوضع بذلك، أمكن وضع مصدر الصوت داخل فراغ مقفل معزول (لتغليف الآلة المصدرة للصوت بصندوق محكم ويجب أن يكون من مادة كثيفة الكتلة،

وتبطين جوانبه بالمواد العازلة من الداخل) لمنع بناء الصوت الترددي. ويمكن ازالتها عند الدخول وصيانة الآلة، وأما إن كان الصندوق كبيراً فيمكن أن يكون له باب. أما اذا لم يسمح الوضع باستعمال الآلة ضمن صندوق، أو فراغ محكم، فيمكن وضع حاجز لتقليل الازعاج الصادر.

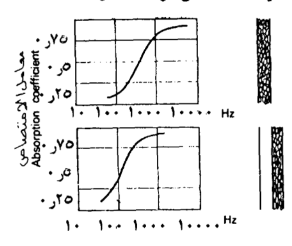
٦,٢,٥ التخفيض ضمن الفراغ

يمكن تقسيم الصوت في الفراغ، حيث يكون مصدر الصوت، الى مركبتين (٦,١,٩)، مباشرة وترددية. يمكن تخفيض المركبة المباشرة، بوضع حاجز بين المصدر والمستمع. وكلما كان الحاجز قريباً الى المصدر كان الوضع أفضل (الوضع المثالي هو وضعها في فراغ مقفل ـ انظر ٦,٢,٤).

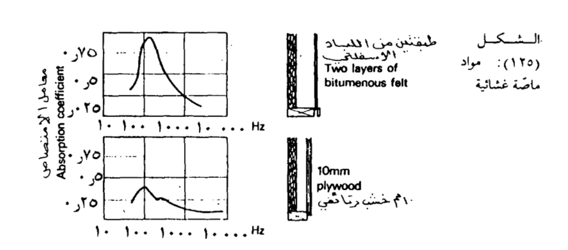
ويمكن تقليل الصوت الترددي باستعمال مواد عازلة على الأسطح الحرجة للغرفة.

إن النوعيات الماصة للمواد المختلفة تختلف باختلاف الذبذبة. هنالك أربعة أنواع أساسية للمواد الماصّة هي:

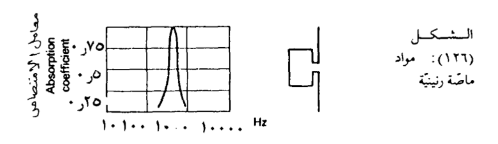
١. مواد ماصة مسامية (الشكل ١٢٤)، وهي مفضلة في الذبذبات العالية.
٢. مواد ماصة غشائية (الشكل ١٢٥) ـ وتستعمل للذبذبات المختلفة.
٣. مواد ماصة رنينية (رنان منتظم Helmholtz) (الشكل ١٢٦)، يمكن توجيهها الى امتصاص حزمة ضيقة من الذبذبات.
٤. مواد ماصة مخرمة على شكل ألواح ـ ولها خواص مركبة من الامتصاص الرنيني والمسامي (الشكل ١٢٧)، وهي ماصة في الذبذبات المتوسطة ـ ويمكن توجيهها، الى حد ما، بواسطة الاختلاف في الفتحات، وفي شكلها والمسافة بينها، وفي ما خلفها من مواد ماصة ومسافة فاصلة.



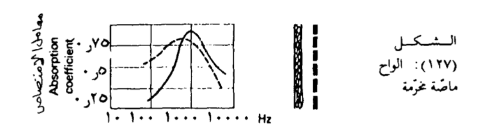

الشكل (١٢٤): مواد ماصّة مسامية




الشكل (١٢٥): مواد ماصّة غشائية




الشكل (١٢٦): مواد ماصّة رنينيّة




الشكل (١٢٧): الواح ماصّة مخرّمة

ويجب أن يكون واضحاً ان اختيار نوع المواد الماصة المراد استعمالها يجب أن يكون على أساس ذبذبة الصوت المراد تخفيضها.

ويُعَدُّ السقف أكثر الأسطح التي يمكن أن تعالج بالمواد الماصّة لسببين:

أ ) في السقوف المنخفضة والممتدة، حيث يسبب السقف انعكاسات متكررة للصوت، ولذلك فهو أكثر الأسطح حرجاً.

ب ) معظم المواد الماصة غير محصنة (قابلة للتلف)، فيكون السقف أقل الأسطح المعرّضة للتلف.

٦,٢,٦ عزل الضجيج

إن إحدى صيغ التعبير المستعملة لوصف عزل الضجيج كمياً هي معامل الانتقال (transmission Coefficient,t) ـ وهو الكسر العشري الذي يعبر عن نسبة الطاقة الصوتية (الشدة) المنقولة.

وهنالك شكل آخر يستعمل بشكل أوسع، وهو فقد النقل (transmis-6 sion loss, Tl)، أو دليل خفض الصوت (sound reduction index)، وهو تأثير خفض الصوت من عنصر (انشائي) بالديسبل.

مثال: حائط فقد النقل (TL) = ٣٠ ديسبل سوف يخفض صوتاً مقداره ٩٠ ديسبل الى ٩٠ ـ ٣٠ = ٦٠ ديسبل
أو ٧٠ ديسبل الى ٧٠ ـ ٣٠ ديسبل.
إن العلاقة بين المقدارين (TL , t) هي علاقة عكسية ولوغرتمية

$$Tl = 10 \log \frac{1}{t}$$

$$t = \text{antilog} \frac{-Tl}{10}$$

إن لكمية عزل حائط صلب ومتجانس (أو سقف) علاقة بالكتلة.
وكقيمة تقريبية يمكن أن يعبر عنها بالمعادلة:

$$Tl = 18 \log M + B$$

حيث M هي الكتلة / وحدة سطح (كغم/ م$^2$)

وللحوائط التي تقل كتلتها عن ١٠٠ كغم/م$^2$ فان المعادلة السابقة تعدل بما يلي:

$$TL = 14.5 \log M + 13$$

وكقاعدة تقريبية فانه كلما ضاعفنا كتلة الحائط، فان TL يزداد بمقدار ٥ ديسبل.

إن تأثير العزل الكلي لحائط ذى عزل جيد يمكن أن يقل بشكل كبير بمساحة صغيرة نسبياً منه ذات عزل ضعيف ـ كما هو موضح في المثال التالي (الذي يوضح طريقة حساب معدل الفقد بالنقل ايضاً):

حائط مساحته ١٢م$^2$ مبني من طوب مصمت سمكه ٢٣٠مم، فيه فتحة مساحتها ١ر٠ × ١ر٠ م ٠ احسب معدل الفقد بالنقل الكلي للحائط (TI):

مساحة الحائط الكلية ١٢م$^2$

مساحة الطوب فقط ٩٩ر١١م$^2$

مساحة الفتحة فقط ٠١ر٠م$^2$

$t''$ للفتحة = ١

$$S = 12\ m^2 \qquad s' = 11{\cdot}99\ m^2 \qquad s'' = 0{\cdot}01\ m^2 \qquad t'' = 1$$

$$TI' = 50\ dB \qquad t' = \text{antilog}\ \frac{-50}{10} = \text{antilog}\ -5 = 0{\cdot}00001$$

$$\bar{t} = \frac{11{\cdot}99 \times 0{\cdot}00001 + 0{\cdot}01 \times 1}{12} = 0{\cdot}0008433$$

$$TI = 10 \log \frac{1}{0{\cdot}0008433} = 10 \log 1185 = 31\ dB$$

ان قيمة TI تقل من ٥٠ ديسبل الى ٣١ ديسبل. ولهذا اذا اريد تحسين عزل حائط للصوت، فانه يجب التعرف على نقاط الضعف وتحسينها أولاً وقبل كل شيء.

٦,٢,٧ متطلبات التحكم بالضجيج

إن الأداء المطلوب من حاجز للصوت يعتمد على عاملين هما:

١. حساسية الفراغ المراد حمايته، وهو يعتمد على نوع استعمال المبنى. ويوضح ملحق (١ , ١٠) بعض مستويات الصوت المقبولة في الفراغات المعمارية المستعملة لاغراض مختلفة.

الشكل
(١٢٨): مخطط
بياني للتحكّم
بالضجيج

**مصدر الصوت**
**Noise source**

A

مصنع مزعج
Noisy factory

مذياع عالي جداً
Very loud radio

معمل متوسط
Average workshop

سيارة شحن تمر على بعد ٥م
Lorry passing at 5m

مطعم مزعج أو مرقص
Noisy restaurant or dance

مصنع خفيف
Average light factory

مكتب: الات طابعة
Office: typewriters

غرفة معيشة، مذياع عالي
Living room, loud radio

سيارة هادئة تمر على بعد ٥م
Quiet car passing at 5m

محادثة
Conversation

مذياع متوسط
Moderate radio

مكتب متوسط
Average office

منزل متوسط
Average home

حديقة هادئة
Quiet garden

مذياع هادئ
Subdued radio

**حاجز الصوت الأساسي**
**Requisite noise barrier**

C

منشأ خاص غير متصل
Special discontinuous construction — ٩٨٠

300mm concrete rendered ٣٠٠م خرسانة — ٧٣٠

٢٤٠مم طوب أو ١٥٠مم خرسانة
240mm brick or 150mm concrete — ٥٠٠

١٢٠م طوب أو ١٠٠مم خرسانة
120mm brick or 100mm concrete — ٢٧٠

٣مم زجاج مزدوج أو ١٠٠مم فراغ
Double 3mm glass, 100mm space

140mm hollow block ١٤٠م طوب مفرغ — ١٥٠

75mm solid gypsum panel ٧٥م لوح جبس — ١٠٠

Timber studs, 10mm plasterboards

Timber floor plaster ceiling أرض خشب — ٥٠

Single 6mm plate glass ٦م زجاج مفرد — ٢٥

١٢٠م وحدات خرسانة خفيفة
120mm lightweight concrete block

Single 3mm glass ٣م زجاج مفرد — ١٠

13mm fibreboard ١٣م ألياف خشبية — ٢٫٥

Badly fitting door باب سيء الصنعة

Open door or window نافذة أو باب مفتوح — صفر

kg/m² كغم / م٢

**النشاط أو المكان**
**Activity or situation**

B

مدخل السماع
Threshold of audibility

ستوديو تسجيل
Recording studio

مقامات مستشفى
Hospital ward, sleeping

دراسة
Studying

دراسة
Reading

بيوت
Houses

شقق
Flats

فنادق
Hotels

مكتب هادئ
Quiet office

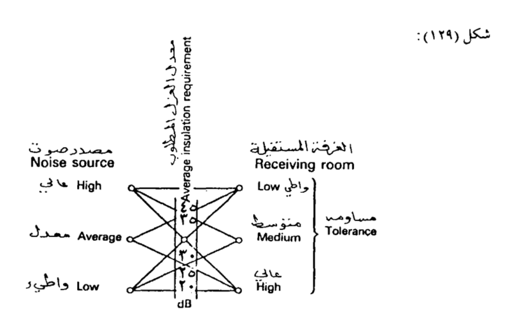
مطعم هادئ
Quiet restaurant

مكتب هادئ
Average office

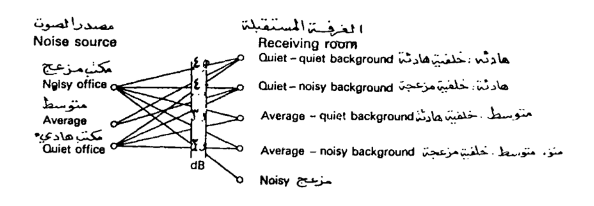
٢ . قيمة الصوت المراد استبعاده، سواء كان صوتا خارجيا او في غرفة مجاورة .

يمثل الرسم البياني (الشكل ١٢٨) هذه العلاقة : يبين الحاجز الصوتي المطلوب على مقياس C ، حيث يتقاطع مقياس مصدر الصوت A ، مع مقياس الغرفة المستقبلة B بخط مستقيم [٩٣]. ويبين الشكل (١٢٩)، والشكل ١٣٠ مخططين بيانيين مماثلين للشكل (١٢٨)، للمدارس والمكاتب [٩٢].

شكل (١٢٩):




شكل (١٣٠):



إن هذه المخططات البيانية تعطي قيما تقريبية فقط واما القيم الدقيقة لظروف الصوت المقبول او المسموح به فهي مبينة بواسطة منحنيات NC (معيار الضجيج) والمبينة في الشكل (١٣١). والمعيار المطلوب لفراغ معين يعطي على سبيل المثال.

يجب أن لا يزيد الضجيج عن NC 45 .

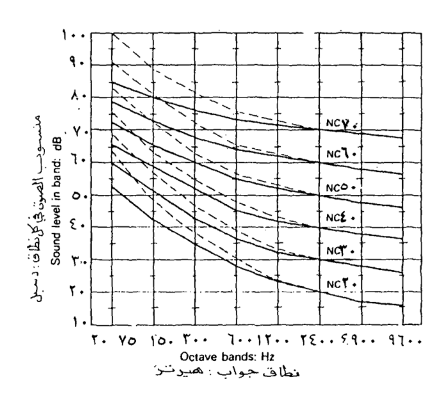
إن هــــذه الحـــدود الـــتي يجب أن لا تزيد فـــــي أي نطـــــاق جواب (octare band) . واذا ما قيس الصوت المحدد الخارجي في كل نطاق جواب ومثّل برسم بياني كعلاقة بين الذبذبة ومستوى الصوت، فان منحني NC يمكن أن يركب على هذا المنحني، وتكون المسافة بين المنحنيين هي مقادير العزل المطلوب للفراغ (الشكل ١٣٢).

والان، اذا اعيد رسم هذا الشكل، مبينا عليه متطلبات عزل الصوت في كل نطاق جواب (octave band) ، بالنسبة لخط مستقيم كقاعدة، فان ذلك سوف يمكن مقارنته بمنحنيات خفض الضجيج لمنشآت مختلفة (انظر الشكل ١٣٣ وملحق ٢ , ١٠).

إن متطلبات خفض الضجيج (noise reduction) ، لبعض أنواع المباني مثل المباني السكنية قد حدد، بناء على الذبذبات المختلفة المحتمل وجودها في الأصوات التي تحدث في المباني أو حولها (الشكل ١٣٤).

ونـــادراً ما يوضـــع مخطط خفض الضجيج : بحيث يطابق منحنيات متـطلبات الراحة السمعية بدقة تامة. ولكن يجب التذكر أن منحني خفض الضجيج لنوع الانشاء المختار يجبَ أن يكون مساوياً للقيم، أو يزيد عنها، في كل نطاق جواب، وحتى في أضعف نقاطه. ويكون العزل أكبر من المطلوب عادة على معظم الأجوبة.

الشكل (١٣١): منحنيات معيار الضجيج NC




٦,٢,٨ أداء التحكم بالضجيج

عندما تتحدد متطلبات التحكم بالضجيج، فان الخطوة التالية هي اختيار إنشاء بالأداء المناسب. في الطريقة الموضحة في الجزء ٦,٢,٦ لايجاد قيمة TI (أو خفض الضجيج) لحوائط كتلية - ولكنها قيم معدلة لمقادير TI، بالنسبة لذبذبات الصوت ما بين ٥٠ - ٥٠٠٠ هرتز.

وللسماح بتغير قيم TI بالنسبة لذبذبات الصوت، فان المعادلة قد عدلت لتصبح:

$$TI = 18 \log M + 12 \log f - 25$$

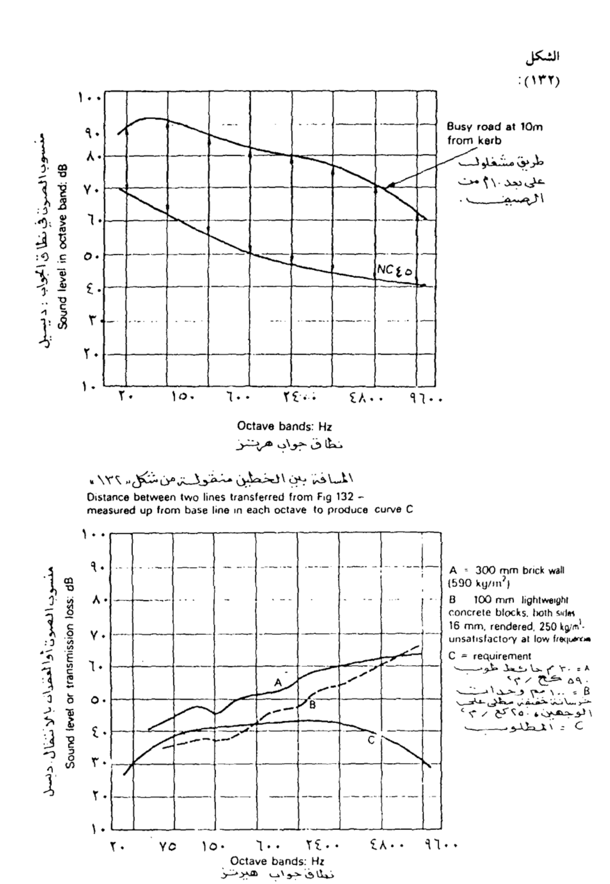
حيث M كتلة الحائط كغم/م٢

f ذبذبة الصوت (هرتز)

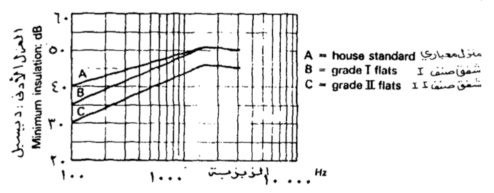
وعلى سبيل المثال، اذا كان حائط من طوب سماكته ٢٣٠مم، M هي ٤٤٠ كغم/م٢، فان له قيم TI التالية:

$TI_{50} = 18 \log 440 + 8 = 55.5$ dB

$TI_{160} = 18 \log 440 + 12 \log 160 - 25 = 49$ dB


الشكل
:(١٣٢)
Busy road at 10m from kerb
طريق مشغول على بعد ١٠م من الرصيف.
NC٤٥
منسوب الصوت في نطاق الجواب : ديسبل
Sound level in octave band: dB
١٠٠
٩٠
٨٠
٧٠
٦٠
٥٠
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
٣٠
١٥٠
٦٠٠
٢٤٠٠
٤٨٠٠
٩٦٠٠
Octave bands: Hz
نطاق جواب هرتز
المسافة بين الخطين منقولة من شكل «١٣٢»
Distance between two lines transferred from Fig 132 – measured up from base line in each octave to produce curve C
منسوب الصوت أو الفقدان بالانتقال: ديسبل
Sound level or transmission loss: dB
A = 300 mm brick wall (590 kg/m²)
B 100 mm lightweight concrete blocks, both sides 16 mm, rendered, 250 kg/m². unsatisfactory at low frequencies
C = requirement
A = ٣٠٠ مم حائط طوب ٥٩٠ كغ / م٢
B = ١٠٠ مم وحدات خرسانة خفيفة مطلي على الوجهين، ٢٥٠ كغ / م٢
C = المطلوب
A
B
C
١٠٠
٩٠
٨٠
٧٠
٦٠
٥٠
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
٢٠
٧٥
١٥٠
٦٠٠
٢٤٠٠
٤٨٠٠
٩٦٠٠
Octave bands: Hz
نطاق جواب هيرتز

الشكل (٣٣):




$$TI_{640} = 18 \log 440 + 12 \log 640 - 25 = 56 \text{ dB}$$

$$TI_{2400} = 18 \log 440 + 12 \log 2400 - 25 = 63 \text{ dB}$$

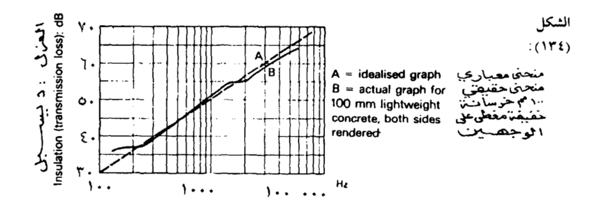
إن هذه القيم نظرية، قابلة للتطبيق للحوائط المصمتة، المتجانسة، وغير المسامية. اما المسامية فيمكنها ان تقلل قيم TI بمقدار ١٥ ديسبل. ويمكن، في حالة المواد المسامية، اعادة مقدرتها الى القيم النظرية العليا أو أكثر، وذلك بوضع سطح رقيق غير مسامي عليها، وان ندهنها. إن قيم TI الحقيقية المقيسة للحائط السابق، ٢٣٠ مم طوب، هي كمايلي:

$$TI_{av} = 50 \text{ dB}, \quad TI_{160} = 43 \text{ dB}, \quad TI_{640} = 52 \text{ dB},$$

$$TI_{2400} = 59 \text{ dB}$$

وعندما تكون ذبذبة الرنين (resonant frequency) (أو الذبذبة الطبيعية) لعنصر ما مساوية او قريبة من إحدى ذبذبات الصوت، فان تطابقاً يحدث (Coincident) وعندها قد يقل مقدار TI الى حوالي ١٠ ديسبل. (وللحديث بدقة، فان ظاهرة التطابق Coincidence وظاهرة الرنين resonance ظاهرتان مختلفتان: فالاولى تحدث عندما ينطبق طول موجة الصوت الساقط على الحائط بزاوية معينة (أو مسقطها على الحائط) على حركة الحائط على شكل تموج. وتحدث الأخيرة عندما تكون الموجتان متساويتين. وتحدث ظاهرة التطابق على أجوبة عريضة من الذبذبات ولكن هذا الاختلاف لا يؤثر على ما نحن بصدده.

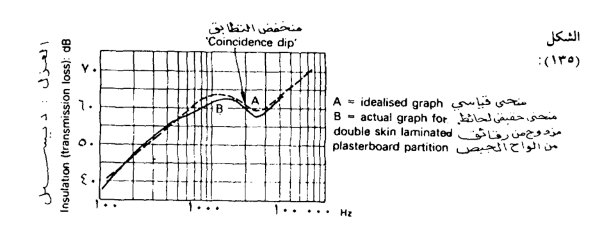
الشكل
(١٣٤):




ويبين الشكل ١٣٥ منحني العزل الصوتي لحائط مصمت TL غير مسامي، كما يبين الشكل ١٣٦ للحائط TL ، مبيناً عليه ظاهرة التطابق كانحدار في المنحني. وفي الحقيقة، فان مثل هذا الانحدار يحدث في حائط، ولكنها تكون ضحلة وخفيفة في حالة الحائط المصمت (الطوب أو الحجر)، ويكون موقعها في الذبذبات المنخفضة. وتبدو واضحة جلية في الحوائط الخفيفة والقسامات.

إن إضافة بعض الطلاء، وبعض المواد التي تخفض او تخمد الاهتزازات، كالمطاط أو البلاستك الرغوي، تقلل من الانخفاض الناتج عن التطابق، في منحني عزل الحائط، تقل في العرض والعمق.

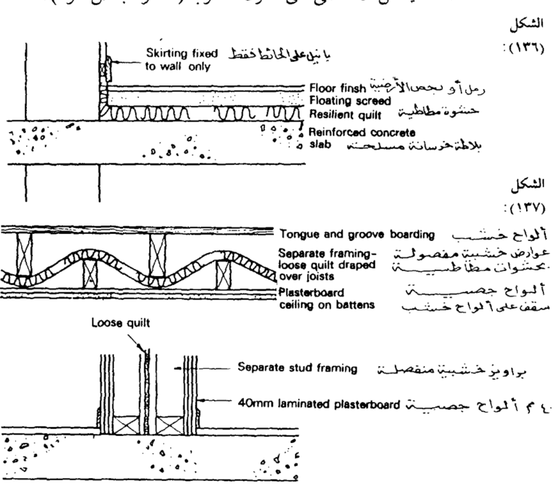
الشكل
(١٣٥):



٦،٢،٩ الانشاءات متعددة الطبقات

وعند الرغبة في تخفيض الصوت، اذا كانت الحوائط المصمتة غير قابلة للتطبيق (بسبب وجود نافذة مثلا)، فانه يمكن عمل انشاءات من طبقتين أو أكثر. وتتحقق المقاومة العظمى لانتقال الصوت على سطح مادة الحائط. (ان قيمة ذلك يعتمد على الاختلاف في الكثافة بين الهواء والمادة). واذا استعملت كمية المواد نفسها (السُمك) في طبقتين منفصلتين، بدلا من طبقة واحدة، فان عزل الحائط TL سوف يتضاعف شريطة أن لا تكون هنالك اهتزازات منقولة بين الطبقتين. يصعب أن توجد هذه الحالة المثالية في الطبيعة، ولكن يمكن التوصل الى حالة قريبة منها اذا لم تتوافر عناصر ربط بين الطبقتين (أو أكثر)، وتكون عناصر الربط والتقويات مكونة من عناصر لدنة.

ويبـين الشكـل ١٣٧ بعض التفـاصيل الانشـائية العملية لبعض القسامات او الحوائط المكونة من طبقتين. إن أخطاء بعض البنائين أو أصحاب الصناعة يمكن أن تقضي على العزل المطلوب (كسقوط بعض المونة).




الشكل (١٣٦):

الشكل (١٣٧):

إن وضع مواد عازلة في الفراغ يقلل من بناء الصوت الترددي فيه، وبهذا يزداد عزل الحائط. وتعتبر النوافذ في غلاف المبنى نقاط ضعف من حيث عزلها للصوت (كما هو الحال بالنسبة للعزل الحراري). ولكن أداءها يمكن أن يتحسن بمايلي:

أ ) التأكد من عدم تسرب الهواء واغلاق جميع المنافذ باستعمال أطواق مطاطية (وخلافها) لمنع التسرب.

ب ) استعمال نوافذ مزدوجة الزجاج (أو مكونة من ثلاث طبقات)، حيث لكل طبقة زجاج إطارها الخاص بها.

جـ) وضع مواد عازلة على حائط الجدار حول النافذة، ولكن ذلك يكون مؤثراً اذا كان الحائط الذي حول النافذة (أي المسافة بين طبقتين الزجاج على الأقل ١٥٠ مم) بحدود ٢٠٠ مم.

ويبين الشكل (١٣٨) بعض تفاصيل نافذة نمطية.

قد يحتاج الأمر لترك بعض الفتحات، كفتحات التهوية. ويمكن لفتحات التهوية أن تقلل من عزل الصوت بالتقليل من الغلاف المحكم. إن هذه تسبب مشكلة لا يمكن حلها بطريقة مباشرة، ولكن يمكن حلها بطريقة غير مباشرة، وذلك باستعمال مواد ماصة. وهذه الطريقة تعتمد على المبادى التالية:

١ . ان الهواء يمر ليس من خلال فتحة فقط، ولكن من خلال ممر طويل (على الأقل ١ م).

٢ . يغطي الممر أو يشكل بطريقة لا يكون للهواء فيها ممر مستقيم مباشر يمر فيه الصوت.

٣ . وحيث أن الشكل يحرض انعكاسات متكررة في الممر، فان جميع الأسطح الداخلية تُغطى بمواد عالية الامتصاص.

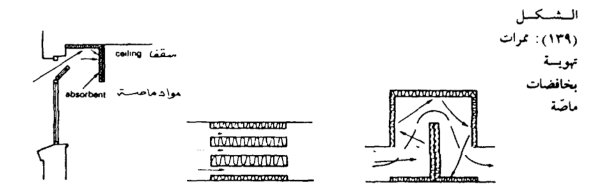
٤ . ولزيادة عدد الانعكاسات، وبالتالي زيادة الأسطح الماصة الموجودة، يمكن وضع خافضات ماصة في الممرات.

ويبين الشكل ١٣٩ بعض التفاصيل النمطية.

الشكل
(١٣٨) : نوافذ
صوتية مزدوجة

Caulking
Heavy glass — زجاج
Space for internal venetian blind — فراغ للستائر المعدنية
Sealed double glazing unit — زجاج مزدوج
Fixed frame — إطار مثبت
Inward-opening sash — إطار ينفتح للداخل
Absorbent
Fixed glazing
Felt or rubber
Partial opening
Opening

الشكل
(١٣٩) : ممرات
تهوية
بخافضات
ماصّة



## ٦,٣ معضلات الضجيج في المناطق المدارية

٦,٣,١ مقـــدمـــة
٦,٣,٢ ظـــروف الضجيـج
٦,٣,٣ المتطلبات السمعية
٦,٣,٤ طرق التحكّم
٦,٣,٥ متطلبات التحكّم بالضجيج
٦,٣,٦ التحكّم بالمواد الماصّة
٦,٣,٧ في المناخات الحـارّة الجافّة
٦,٣,٨ في المناخات الرطبة الدافئة
٦,٣,٩ فـي المنـاخـات المركّبـة

---

٦,٣,١ مقدمة

لقد حدد في الفصل ٢, ٦ معايير الضجيج والطرق المتاحة للتحكم به، كموجز مختصر للمعلومات الموجودة، التي قد طورت في البلدان الصناعية المنحصرة للمناخات المعتدلة.

والآن يمكن طرح الأسئلة التالية:

أ ) إلى أي مدى تكون هذه المعلومات قابلة للتطبيق في الظروف المدارية؟

ب ) هل تختلف معضلات الضجيج وطرق التحكم به في المناطق المدارية، اذا كان الأمر كذلك، فما هي الطريقة؟

ويمكن أن تكون الاختلافات:

١ . في ظروف الضجيج الموجودة.
٢ . في متطلبات الراحة السمعية، ومستويات الضجيج المقبولة.
٣ . في الطرق المتوافرة الممكنة للتحكّم بالضجيج.
٤ . وكنتيجة لكل ذلك ـ في متطلبات التحكم بالضجيج. سنناقش هذه الموضوعات في الفقرات التالية:

٦,٣,٢ ظروف الضجيج

إن المصادر الرئيسية للضجيج في المجتمعات الصناعية هي :

أ ) الطرق والشوارع .
ب ) القطارات .
جـ) الطائرات ، وخصوصاً المطارات .
د ) الصناعة : المصانع ، والمعامل . . . الخ .
هـ ) آلات المكاتب (آلات الطباعة ، التلفونات ، الآلات حسابة . . . . الخ)
و ) الناس في المساكن : المحادثة والغناء والموسيقى والمذياع والمسجلات والتلفاز ، . . . الخ .
ز ) الاستعمالات المختلفة للآلات بشكل عام (الحصادات والآلات المتحركة والآت المطبخ . . . . الخ) .

يمكن أن يحدث هذا كله في ظروف المناطق المدارية ، ولكنه ربما كان قليلاً . ومن الواضح أن مشكلات الازعاج في المناطق الريفية ، لا تكاد تذكر اما في المناطق الحضرية فهي لا تقل عنها في أي مكان . إن معظم المناطق المدارية تُعَدُّ بلداناً نامية ، حيث تزدحم بأماكن التحضر . وتنخفض النسبة في الوقت الحاضر ، بين المناطق الحضرية والمناطق الريفية في المجتمعات الصناعية ولكن :

١ . ان المشكلات في المناطق الحضرية هي المشكلات نفسها .
٢ . ومع ازدياد المناطق الحضرية واتساعها ، فان معضلات الغد يمكن أن تصبح على نطاق قومي أوسع .

إن معدلات امتلاك السيارات الخاصة أقل منه في الغرب ، ولكن كثافة المرور في المدن يمكن أن تصل الى المعدل نفسه . إن كثافة القطارات وخطوطها تقل عما في البلاد الصناعية ولكن المشكلات بالقرب من خطوط السكة الحديد هي نفسها . أما بالنسبة لحركة الطيران في المطارات الرئيسية فان كثافة حركة الطائرات تصل الى معدّل حركة الطائرات نفسه في المطارات الثانوية في الغرب (مطار نيروبي يُعَدُّ مثل مطار مانشستر) ، ولكن حركة الطائرات تزداد بسرعة .

وهنالك صناعات ثقيلة قليلة ، ولكنها غالباً ما تكون قد أنشئت في

في مواقع تنم عن حكمة أكثر، بعيداً عن المناطق الحساسة للازعاج مما أدى إلى خفض الازعاج الناجم عن الصناعة، على العكس مما حصل في أوروبا.

أما الأصوات الناتجة عن الناس فقد تكون أعلى منها في أوروبا، وذلك لحرية الحركة والنشاطات في الهواء الطلق وللتصرفات غير المفيدة، وحبهم للموسيقى .... الخ.

٦,٣,٣ المتطلبات السمعية

ويمكن أن يصل مستوى الأصوات المختلفة من راديو وهرج وغناء وكلام في بعض المناطق السكنية الحضرية في المناطق المدارية الى ٦٥ ـ ٧٠ ديسبل، الأمر الذي يُعَدُّ مزعجا في البلدان الأوروبية* حيث يختلف الموقف الاجتماعي للناس من حيث الحاجة للخصوصية ولا سيما الخصوصية السمعية، لأن روح المجتمع والاعتماد المتبادل بين الناس أعظم. فقد قيل [٩٤] أن درجة الهدوء المطلوبة في بلدان أوروبا الغربية قد تنتج إحساساً بالعزلة، لا يكون مقبولاً اجتماعيا. وقد يكون هذا السلوك وراثياً ولكن ليس هناك ما يؤدي إلى نتيجة محددة. وقد يكون الهدوء الموصى به عالمياً، مفضلاً من الناس في المناطق المدارية، ولكن الناس هناك يقبلون بالحد الأدنى نظراً للأوضاع الاقتصادية.

وقد قيل إن على المصمّم الذي يعمل في موقع معين أن يبدأ بالمعايير المنشورة في الأبحاث (انظر ملحق ١٠,١) ومن ثم، وبناء على أسس من المعلومات المحلية، يبدأ باختبار ما اذا كانت هذه المعايير صالحة أم بحاجة لتطوير.

٦,٣,٤ طرق التحكّم

وبالرجوع الى الطرق الممكنة للتحكم بالضجيج الموضحة في ٦,٢,١، نلاحظ الاختلافات التالية:

---

* في بريطانيا وألمانيا عادة ما يكون 40-45 dBA

ان الطرق الست المذكورة في التحكم بالضجيج يمكن تطبيقها، ما عدا الأخيرة، أي الغلاف العازل للضجيج. ويمكن الحديث عن عزل الضجيج فقط فيما يتعلق بفراغ مقفل تماماً، حيث المتطلب الأول هو السد المحكم للهواء. أما في ظروف المناخات المدارية (وخصوصاً في المناخات الدافئة الرطبة) فان القفل التام والسد المحكم للهواء يكون ممكناً. عندما يكون المبنى مكيفاً هوائياً. أما المباني غير المكيفة هوائياً فان فتحاتها يجب أن تبقى مفتوحة للتهوية، لذلك، فان الطرق الخمس الأخرى للتحكم بالضجيج يمكن الانتفاع بها.

اما بالنسبة للأصوات التي تتولد في المبنى، فان الطرق الثمانية للتحكم (والمبينة في ٦,٢,١) يمكن استعمالها، ما عدا البند ٧ أي الانشاء العازل للضجيج. وهذا ممكن عندما تكون منطقة مصدر الازعاج، أو المنطقة المستقبلة، مقفلة تماما ومسدودة تماما في وجه الهواء. فاذا كان ذلك مستحيلاً لسبب ما (كما هو الحال في معظم الأحوال) فان الأهمية النسبية للطرق الباقية يجب أن تزداد. كما أن استعمال الأسطح الماصة بمهارة سوف يساعد كثيراً في تقليل الازعاج.

**٦,٣,٥ متطلبات التحكّم بالضجيج**

إن المتطلبات القانونية أو التشريعية للتحكم بالضجيج في المناطق المدارية قليلة أو لا وجود لها. إن الخيار متروك للمصمم، ولكن ذلك يزيد في مسؤوليته. إن مصادر الازعاج الآن أقل، وبوجه عام فان مستوى الضجيج أقل منه في المجتمعات الصناعية. كما أن التحمل الانساني أكبر، ومتطلبات الخصوصية السمعية أقل. ولهذين السببين فان متطلبات التحكّم بالضجيج تكون أقل. ولا ننسى أن طرق التحكم المتوافرة أيضاً أقل تأثيراً.

أما في المستقبل، فان الضجيج قد يزداد. كما أن التحسن في مستوى المعيشة وتغير نمط المجتمع سوف يزيدان في الحاجة الى الخصوصية السمعية. وعندئذ، فان المصمم سيواجه تحدياً كبيراً، اكبر بكثير مما يكون في المناخات المعتدلة.

ويجب أن يحقق المأوى أو غلاف المبنى، أداءً مرضياً في التحكم بالحرارة والاضاءة مثلما يحقق أداءً مرضياً للصوت. ويمكن للمتطلبات الحرارية

والصوتية في المناطق المدارية أن تتصادم، ولا يمكن لهذا لتناقض أن يحل بطريقة متساوية.

أولاً : يجب أن توزن العوامل الحرارية والسمعية. ويجب التأكيد على الظروف الجيدة السمعية والحرارية. وهذا واضح، من انه نتيجة لطريقة استعمال المبنى. وبشكل عام تكون العوامل الحرارية في المناطق المدارية أهم من العوامل السمعية، ما لم يكن النشاط في المبنى محدداً بالمتطلبات السمعية (كما هو الحال في قاعات المحاضرات). ويمكن للوقت ومدة التعرض أن تزيد من هذا الوزن كأن تكون النشاطات الخارجية، ذات أصوات مزعجة طوال اليوم، والأوقات الحارة تحدث فقط بعد الساعة ١٥,٠٠، فتكون متطلبات التحكم بالضجيج أكثر أهمية من التحكم بالحرارة.

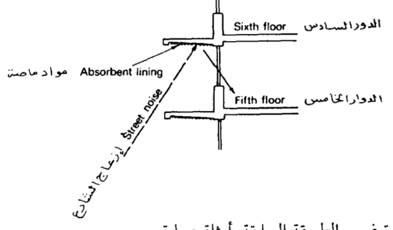
ثانياً : يجب مراعاة الظروف الاقتصادية فيما يخص متطلبات الوزن. وللاستمرار في المثال السابق: اذا كان عمل مظلات وإن كان مكلفاً يمكن أن يتغلب على الحرارة الزائدة بعد الظهر، فان المتطلبات السمعية والحرارية تصبح ممكنة. واذا أمكن تحقيق المتطلبات الحرارية والسمعية باستعمال نظام تكييف الهواء فقط، فان تكلفة مثل هذه التركيبات يجب أن ينظر اليها في ضوء الراحة التامة، ورأس المال المستثمر.

٦,٣,٦ التحكم بالمواد الماصّة

إن التعارض بين عزل الضجيج والعزل الحراري ناتج عن حقيقة أن الأول يتطلب اغلاقاً كاملاً ومحكماً، بينما يتطلب الأخير فتحات كبيرة قدر الامكان. ويمكن الاعتماد على المواد الماصة في حالة الفتحات، لكن ليس بقصد التحكم التام لانه غير ممكن ولكن، على الأقل: لتقليل الضجيج الداخلي. وهذا، من حيث المبدأ، شبيه تقريباً بما ذكر عند الحديث على فتحات التهوية ٦,٢,١٠:

١. يجب تحديد الأسطح التي ينعكس عليها الصوت ووضع مواد ماصّة على أسطحها.

٢ . اذا كان وضع أسطح جديدة لمنع الممرات المباشرة للصوت ممكناً يمكن وضع مواد عازلة عليها .




الشـكـل (١٤٠) : إضافة مواد ماصّة الى باطن المظلات

يمكن توضيح الطريقة السابقة بأمثلة عملية .

ويبين الشكل ١٤٠ نافذة لدور علوي ، عليها مظلة (يمكن أن تكون للتظليل أو شرفة للدور العلوي) . ينعكس الصوت الى داخل الغرفة بواسطة باطن الشرفة وعلى سقف الغرفة القريب من النافذة . إن تبطين هذه الشرفة بالمواد العازلة ، يقلل الصوت المنعكس . فاذا أهملنا الممرات الأخرى للضجيج ، وكان منسوب الصوت الساقط ٧٠ ديسبلاً ، فان ذلك يعادل شدة مقدارها .

$$I = 10^{-12} \times \text{antilog } 7 = 10^{-12} \times 10^{7} = 10^{-5} W/m^2$$

$$\text{as } 70 = 10 \log \frac{1}{10^{-12}}$$

$$7 = \log \frac{1}{10^{-12}}$$

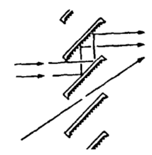
اذا كان معامل الامتصاص ٠,٠٥ (خرسانة)، فان ٩٥٪ من هذا الصوت سوف ينعكس ، ويعطي منسوب صوت :

$$N = 10 \log \frac{10^{-5} \times 0.95}{10^{-12}} = 10 \log 0.95 \times 10^{-7} = 69.7 dB$$

فاذا غطيت الأسطح نفسها ببلاطة مخرمة، وكان معامل امتصاصها ٧٥ر٠ فان ٢٥٪ فقط سوف ينعكس، وذلك يعطي منسوب صوت مقداره :

$$N = 10 \log \frac{10^{-5} \times 0.25}{10^{-12}} = 10 \log 0.25 \times 10^{7} = 63.9 \text{ dB}$$

وفي هذه الحالة يحدث نقصان مقداره ٦ ديسبل.



الشكل (١٤١): تبطين الكاسرات (الأباجورات)، بمواد ماصّة

ويبين الشكل ١٤١ نظام كاسرات (أباجورات) في الدور الأرضي أمام فتحة. ينعكس الصوت الأفقي مرتين، مرة من السقف والأخرى من البطن. وبوضع مواد ماصة في باطن الكاسرات فانه يمكن الحصول على تأثير مماثل كما ورد في المثال السابق. اذا كان السطحان ماصين، المستوى نفسه فان:

$$0.25 \times 0.25 = 0.0625$$

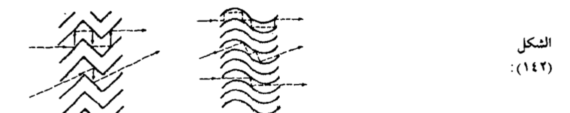
أي أن ٦,٢٥٪ ينعكس وهذا يعطي منسوب صوت مقداره :

$$N = 10 \log \frac{10^{-5} \times 0.0625}{10^{-12}} = 10 \log 0.0625 \times 107 = 57.9 \text{ dB}$$

فان النقصان الكلي يمكن أن يكون ١٢ ديسبل. ولكن، لسوء الحظ، تكون الأسطح العليا للكاسرات معرضة للرطوبة وللعوامل الجوية، ومعظم المواد الماصة لا تقاوم هذه العوامل. اذا أخذ الشكل ١٤١ مسقطاً افقياً لمجموعة من الكاسرات العمودية، فان استعمال مواد ماصة على الوجهين يمكن أن يكون عملياً، وخصوصاً في الأماكن المحمية.

إن تأثير المواد الماصة يتحسن اذا كانت نسبة المسافة بين الكاسرات والعرض قليلة، وهكذا، إما أن يزاد في عرض الكاسرات أو توضع قريبة بعضها من بعض. إن عمل الكاسرات على شكل Z أو S أفضل لتقليل الضجيج (الشكل ١٤٢).

الشكل (١٤٢):



لما كان للصوت ممرات عديدة، فان نقصانه لا يمكن أن يحسب بدقة. ففي حالة الشكل ١٤١ يمكن أن ينعكس الصوت عن الرصيف ويمكن لممر الصوت أن يدخله دون انعكاس. وفي هذه الحالة يحسن أن نضيف مواد ماصة للأرضية بدلاً من الرصيف القاسي (مثل الأعشاب) ما كان ذلك ممكناً، واذا كان الصوت المباشر (غير المنعكس) يمكن أن يضرب السقف كما هي الحال هنا، فان جزءاً منه بالقرب من النافذة يمكن أن يكون ماصّاً، وسنناقش في ما يلي الأشكال النمطية للمباني الناتجة من أنواع المناخات المختلفة، وكيف تؤثر هذه الأشكال على معضلات الصوت.

٦,٣,٧ في المناخات الحارّة الجافّة

تكون الحوائط في المناخات الحارة الجافة، عادة، مصمتة وعظيمة الكتلة. وتكون النوافذ والفتحات صغيرة في العادة وتفتح على ساحات داخلية. ويعتبر ذلك مفضلا لعزل الصوت الخارجي. ويكون مثل هذه المباني غير محصن ضد الأصوات المتولدة في الساحة الداخلية أو من مصادر الأصوات العليا (الطائرات التي تطير من فوق المساكن). وحيث أن مثل هذه الأصوات نادرة الحدوث (إلاّ بالقرب من المطارات)، والصوت الأول المتولد ضمن الساحات يعتبر صوتاً عادياً، فانه لا تكون هنالك مشكلات ازعاج مهمة.

كما ذكرنا في ٤,٢,٣، فان السعة الحرارية الكبيرة للمباني قد تتطلب إقامة سقف خفيف، لاستعماله للنوم في النصف الأول من الليل على الأقل. فتكون الحماية من الازعاج مستحيلة في مثل هذا المأوى من وجهة النظر

العملية، والخيار في هذا المأوى بين الراحة الحرارية والراحة الصوتية. ان التحكم في الازعاج الخارجي يتم بمنع الازعاج الخارجي من الدخول عبر النوافذ والفتحات (عند قفل الاباجورات الثقيلة المستعملة لأسباب حرارية ويمكن أن تعطي الحماية الصوتية الكافية) ويمكن تحقيق ذلك بالطرق الموضحة في (٦,٢,١٠)، (٦,٣,٦). وحيث أن مصدر الازعاج الوحيد، المقلق، هو من مصادر الصوت في الساحة الداخلية، فقد يحسن استعمال أسطح لينة بقدر ما تسمح الناحية العملية، مثل استعمال الاعشاب كرصيف، أو استعمال مواد ماصة على باطن الأسقف والمظلات حول الساحات.

٦,٣,٨ في المناخات وتكون المباني، في مثل هذه المناطق، من مواد خفيفة، تستقبل الريح والنسيم. فيكون غلاف المبنى غير قادر للتحكم بالازعاج. وفي أفضل الظروف، يمكن تقليل الازعاج الخارجي باستعمال مواد عازلة بمهارة. اما الازعاج الداخلي، فان ظروف تقليله قد تكون أفضل مما في المناخات الحارة الجافة ذات الساحات الداخلية: وفي هذه الحالة فان الازعاج يمكن أن يهرب بحرية، ولا ينعكس من أسطح المباني ولن يكون هنالك صوت ترددي.

وهنا، لا بد من الاعتماد على التحكم بالتخطيط، مثل الابتعاد عن مصدر الازعاج، ووضع أنواع مختلفة من الحواجز بين المصدر والمستقبل. ولحسن الحظ فان هنالك مجالين متوافقين بين المتطلبات الحرارية والصوتية هما:

١. تكون الكثافة السّكانية في هذا المناخ أقل منها في المناخات الأخرى بكثير. وتكون المسافات بين المباني كبيرة تسمح بحركة الهواء وهذا أيضاً يقلل معضلات الصوت.
٢. وحيث أن التحكم بالرطوبة يكون ممكناً باستعمال التكييف بالهواء، فان استعمال مثل هذه التركيبات يكون أكثر ضماناً مما يكون في المناخات الأخرى، إن استخدام التكييف المركزي، بغرض استعمال غلاف تام الاحكام ضروري وخصوصاً في المباني الحساسة، حيث تكون الحاجة اليه ماسة.

٦,٣,٩ في المناخات المركبة تكون المباني في هذا المناخ من منشآت مصمتة وكتلية (٧,٣,٧). وتكون النوافذ والفتحات، عادة كبيرة نوعاً ما، لتزويد المبنى بحركة هواء في

الفصل الدافيء الرطب (٧,٣,٩)، هذا مع امكانية قفلها في الفصل البارد وفي أثناء النهار في الفصل الحار الجاف. وبصفة عامة، يكون المبنى مقفلاً في المناخات الحارة الجافة، وبهذا فان معضلات الازعاج لاتكون بالغة الخطورة. وتكون أباجورات النوافذ والأبواب كتلية، لعزل الحرارة والصوت معاً.

ويمكن أن تظهر المشكلات في الفصل الدافيء والرطب، عندما تفتح النوافذ للتهوية. وفي هذه الحالة يفضل استعمال مواد عازلة للصوت. ويمكن استعمال مواد ماصة لتقليل الضجيج، كما هي حال المناخات الدافئة الرطبة، ولكن الفائدة من هذه لا تكفي لتبرير التكلفة، لثلاثة أسباب:

١. ان الفصل الدافيء الرطب، الذي يحتاج الناس فيه لهذه التهوية، قصير لا يتجاوز ثلاثة أشهر.
٢. إن المواد الماصة لا تعمل على تقليل اختراق الصوت.
٣. إن المواد الماصة غير معينة، ومعرضة لتغير ظروف المناخ وهي أيضاً قابلة للتلف.

ويمكن تحقيق المناخ السمعي المناسب، وخصوصاً في الحالات الحرجة (مثل غرف المحاضرات التي تحتاج إلى تكييف الهواء)، باستعمال الغلاف المقفل. يمكن للمتطلبات السمعية أن تتحكم في طريقة تكييف الهواء، وان لم يكن لذلك مبرر حراري.




# تطبيقـــات

٧,١ مأوى للمناخات الحارة الجافة

٧,٢ مأوى للمناخات الدافئة الرطبة

٧,٣ مأوى للمناخات المركبة

٧,٤ مأوى للمناخات المدارية المرتفعة

## ٧,١ مأوى للمناخات الحارة الجافة

٧,١,١ طبيعة المناخ
٧,١,٢ الأهداف الوظائفية
٧,١,٣ الشكل والتخطيط
٧,١,٤ المساحات الخارجية
٧,١,٥ الأسطح والجدران والفتحات
٧,١,٦ السطح وأسطح الجدران
٧,١,٧ التهوية وتدفق الهواء
٧,١,٨ المأوى التقليدي
٧,١,٩ المناخات الصحراوية الساحلية

٧,١,١ طبيعة المناخ

تمتاز المناخات الصحراوية ـ الجافة وشبه الصحراوية بحرارة عالية جداً، وهواء جاف وأرض جافة. وتتراوح درجة حرارة الهواء في النهار ما بين ٢٧ ـ ٤٩°م (عادة ما تكون درجة حرارة الجلد أعلى من ٣١ الى ٣٤°م)، ولكنها قد تنخفض ليلاً الى حوالي ٢٢°م (انظر ١,٣,٥).

وتكون الرطوبة، بصفة عامة، متوسطة الى قليلة. وتكون الغيوم قليلة أو معدومة، بحيث تقلل شدة الشمس المباشرة العالية. وتسمح السماء الصافية بكميات معتبرة من الحرارة تنفذ الى المساحات الخارجية وتشع مرة أخرى في الليل. ولا يساعد الهواء الجاف، والرطوبة القليلة والكميات القليلة من الأمطار على نمو النباتات، وتعكس الأرض الجافة المغبرة أشعة الشمس القوية، مسببة إبهاراً أرضياً مزعجاً. وتحمل الرياح المحلية الحرارية، الغبار والرمل.

٧,١,٢ الأهداف الوظائفية

وتعتمد الراحة الفيزيائية في النهار، بشكل أساسي، على تقليل شدة الاشعاع الناتج من الشمس، ومن الأرض والمباني المجاورة. إنها بصفة أساسية مشكلة حماية. إن معرفة ميزات تدفق الحرارة الدوري للمنشآت المختلفة، تساعد المصمم في اختيار الحوائط والأسقف التي يمكنها أن تحافظ نهاراً على

درجة حرارة الأسطح الداخلية أقل من درجة حرارة الغلاف الخارجي . ان هذا يسمح للجسم بتشتيت بعض الحرارة الزائدة الى الأسطح المحيطة بالاشعاع، كما أنه يبرد هواء الفراغ الداخلي بالحمل .

أما في الليل، فان درجة حرارة الهواء غالباً ما تكون منخفضة بحيث تسمح بزيادة درجة الحرارة المؤثرة بواسطة درجة حرارة الهواء. وقد تكون مثل هذه الزيادة مفيدة. وهنا يكون التبخر أعلى منه في أي مناخ آخر، بسبب الرطوبة المنخفضة دائما، التي تحدث باستمرار ودون عمل ترتيبات معينة (بشرط أن الجلد يمكن أن يمد عرقاً كافياً) .

ولا يمكن الاستفادة من النسيم في الداخل، ما لم يكن الهواء بارداً ويرشح الغبار منه .

٣,١,٧ الشكل والتخطيط

وتكون الظروف كثيرة العداء في هذا المناخ، حتى أن المباني والمساحات الخارجية المعدة للمعيشة، تكون بحاجة الى أن تحمى بدقة متناهية، من شدة أشعة الشمس والهواء الحار المغبر.

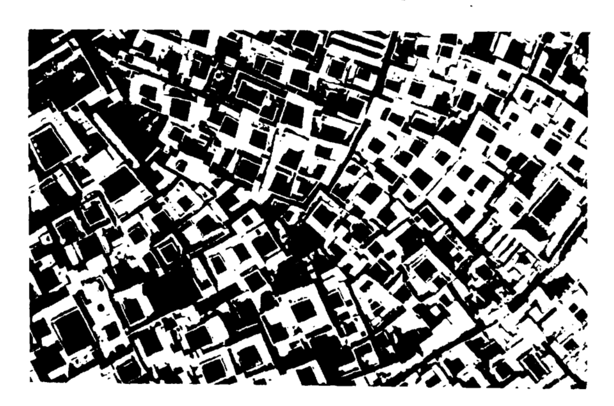
وتكون المباني المغلقة والمتراصة، التي تفتح للداخل بشكل أساسي أفضل من غيرها. إن تطبيق بعض المبادىء الأساسية المناسبة في التخطيط، مثل إمكانية وصول الماء، والوقود ومخازن المواد الغذائية الى نقط قريبة، كالأسطح التي يمكن تنظيفها بسهولة، وتقليل عناصر الحركة وتجنب الأدراج غير الضرورية، كل ذلك يساعد الساكن في تقليل الحركة والتعب والجهد [٤]. ويقل الحمل الحراري من الشمس والهواء الحار بشكل كبير، وذلك باستعمال أكبر عدد من الوحدات السكنية تحت سقف واحد.

ويجب تقليل الأسطح المعرضة للشمس بقدر المستطاع. ويجب توجيه المقاسات الطويلة في المبنى، في الموقع العام، باتجاه الشمال والجنوب؛ إذ إنّ هاتين الواجهتين تستقبلان أقل كمية من الحرارة المشعة. ويكون أسوأ توجيه نحو الغرب. ورغم أن أشعة الشمس في الواجهة الشرقية تشابه الواجهة الغربية، إلّا أنّ الشدة القصوى في الواجهة الغربية تتزامن مع درجة الحرارة القصوى، مما تسبب كمية اجمالية قصوى من الحمل الحراري. ويمكن استعمال الغرف المعدة لغير السكنى كالمخازن والمراحيض، كحواجز حرارية، اذا خططت ووضعت في الواجهتين الشرقية والغربية.

إن تظليل الأسقف والحوائط والساحات الخارجية مهم جداً. كما أن استعمال إسقاط الأسقف، والرفاريف، وعناصر الظل والأشجار والانتفاع بالحوائط والمباني المجاورة، تعتبر طرقاً معروفة لحل تلك المشكلة. هنالك تشكيلة واسعة من عناصر الظل، كما أنّ طرق معرفة أدائها سهلة ميسرة وذلك باستعمال منحنيات الشمس والمناقل أو الأجهزة التي تمثل حركة الشمس. ويجب أخذ الحذر واستعمال مواد ذات سعة حرارية قليلة لعناصر الظل المجاورة للفتحات، للتأكد من برودتها السريعة بعد غروب الشمس.

وبرص المباني بعضها إلى جانب بعض، وخصوصاً اذا وضعت الحوائط الشرقية والغربية متلاصقة، فان الظلال المتبادلة تساعد في تقليل الكسب الحراري في الحوائط الخارجية. ولهذا السبب، يفضل الناس في المناخات الحارة الجافة المباني المتلاصقة، والطرق الضيقة والشوارع والأروقة، وصفوف الأشجار والأعمدة، والساحات الداخلية المقفلة الجوانب، والأقنية، وذلك من أجل الحصول على أكبر كمية من الظل والبرودة (الشكل ١٤٣).

شكل ١٤٣ مستوطنه في المغرب كمثال للمساكن في المناخ الحار الجاف



إن تظليل السقف مهمة أصعب كثيراً، والطريقة الأكثر تأثيراً هي بناء سقف ثانٍ فوق السقف الأولى. وحيث أن السقف العلوي، يكسب حرارة بالاشعاع، وتبلغ حرارته درجة عالية جداً، فان عزله عن السقف الرئيسي ضروري جداً لتشتيت الحرارة الكائنة بين السقفين، مع استعمال أسطح مناسبة لها. يجب أن يكون سطح السقف السفلي مناسباً لدرجات الحرارة المنخفضة المشعة (الموجات الطويلة تحت الحمراء) التي تشع من السقف العلوي: وهذا يتطلب استعمال أسطح معدنية لامعة. إن إقامة السقفين مكلف جداً ولكن سقفاً بسيطاً، باستعمال فراغات مهواة سيكون له التأثير نفسه.

**٧,١,٤ الساحات الخارجية**

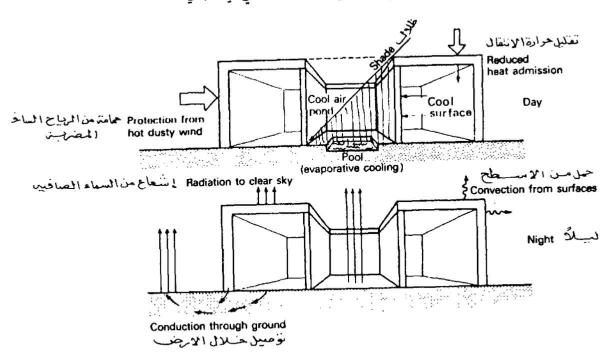
إن معظم النشاطات اليومية تحدث خارج المنزل، كما هو الحال في معظم المناخات الدافئة. ولذلك يجب معاملة الفراغات الخارجية بعناية، تماماً كالفراغات الداخلية.

إن المباني المجاورة والأرصفة والأرض الجافة، تسخن بسرعة وتسبب إبهاراً مؤلماً وحرارة مشعة منعكسة باتجاه المبنى في النهار، أما في الليل فانها تفيد اشعاع الحرارة المخزونة في النهار. إن إحاطة الساحات الخارجية بحوائط تظليل تحول دون هذا التأثير كما تبعد الرمال بعيداً وتصد الرياح الحارة.

ويساعد وجود الأشجار والنباتات والمياه في هذا الفراغ الخارجي على تبريد الهواء بالتبخير، ويحافظ على إبعاد الرمال والغبار بعيداً ويعطي ظلالا، وراحة بصرية ونفسية.

إن أفضل مساحة خارجية في مثل هذا المناخ هي الفناء الداخلي (المكشوف) (Courtyard) . حيث يحجز الهواء البارد ليلا، وذلك لأنه أثقل من الهواء الدافيء المحيط. واذا كان الفناء صغيراً (لا يتجاوز العرض الارتفاع)، فان النسيم يترك الهواء البارد دون تغير. ويعتبر الفناء منظماً حرارياً ممتازاً وذلك من عدة أوجه [٩٦] حيث تحجب الحوائط العالية الشمس المباشرة، وبذلك تظلل مساحة كبيرة من المساحات الداخلية وأرضية الفناء في النهار. إن الهواء البارد، والأسطح الباردة والأرض التي يظلها الفناء، سوف تسحب الحرارة من المناطق المحيطة، وتعيد انبعاثها الى السماء مرة أخرى في اثناء الليل. ويوضح

الشكل (١٤٤) و(١٤٥) النظام الحراري للفناء الداخلي في المباني.




**٧,١,٥ الأسقف والحوائط والفتحات**

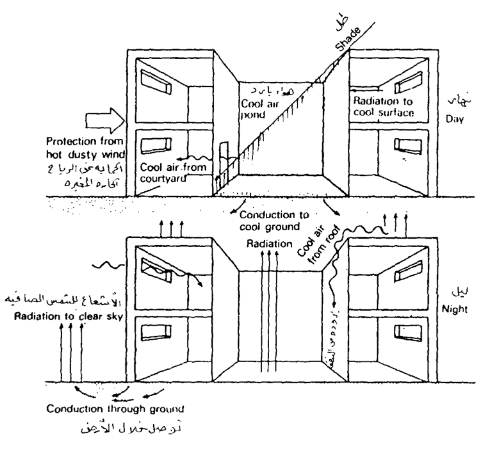
وكما ذكرنا سابقاً (٤,٢,٣) فان الطريقة الأساسية للانتفاع بفارق درجات الحرارة اليومي تعتمد على استعمال انشاءات ذات سعة حرارية كبيرة. فان هذه المنشآت تمتص كثيراً من الحرارة الداخلة من خلال الأسطح الخارجية في النهار، وقبل أن تبدي الأسطح الداخلية أية زيادة معتبرة من الحرارة. ولتحقيق ذلك فان الحوائط يجب أن تنشأ من مواد ثقيلة، وذات سعة حرارية كبيرة، ولا سيما السقوف.

ولا تكون الطريقة مؤثرة إلا اذا ابتدأت حرارة الصباح، بمحتوى حراري قليل (بدرجة حرارة قليلة) بقدر الامكان. ويجب تشتيت الحرارة المخزونة من اليوم السابق في الليل ولن يكون التبريد خلال الأسطح الخارجية كافياً لهذا الهدف. إن تشتيت الحرارة خلال الأسطح الداخلية يجب أن يتم في الليل بمساعدة التهوية الكافية.

وبذلك يكون تصميم الفتحات محكوماً بمتطلبين:

١ . ان عدم وجود فتحات في اثناء النهار يكون مرغوباً فيه، ولا بأس في وجود فتحات صغيرة عالية في الحائط.

الشكل (١٤٥): النظام الحراري لفناء كبير في منزل




٢ . وأما في الليل فيجب أن تكون الفتحات واسعة بما فيه الكفاية لتعطي تهوية كافية لتشتيت الحرارة المتبقية من الحوائط والسقف.

إن الحل الذي يحقق كلا المتطلبين، هو استعمال فتحات متسعة، مع استعمال أباجورات كتلية، مع سعة حرارية قريبة من السعة الحرارية للحوائط. ان هذه معضلة فنية (Technical) . فان كان ذلك ممكناً كان الحل الثاني واستعمال أباجورات ذات مقاومة حرارية عالية، مثل أباجورات ثقيلة من الخشب. فاذا حفظت هذه الأباجورات متقاربة في النهار، فانها تعوق تدفق الحرارة للداخل، واذا فتحت في اثناء الليل، فانها لا تمنع تشتت الحرارة. إن ذلك، على كل حال، يتطلب تحكماً ادارياً هو التصرف المناسب من السكان، الأمر الذي لا يعتمد عليه دائماً. وقد يتم من أجل الاتصال أو الحركة بين الساحات الداخلية والخارجية، ولهذا فالأباجورات تبقى مفتوحة في النهار، ولكنها لأسباب خصوصية أو لأسباب أمنية يمكن أن تبقى مقفلة في الليل،

وبهذا ينتج عن ذلك عكس التأثير المطلوب. إن طريقة التحكم هذه مسألة عادات معيشية كما أنها في الوقت نفسه مسألة تصميم وإنشاء. ويمكن للمصمم أن يكيف تصميمه هو تبعاً للعادات المعيشية، كأن يكون السكان لا يستطيعون ترك الأباجورات مفتوحة في الليل إلا اذا كان هناك حديد الحماية مثبتاً على الفتحات.

قبل الوصول الى قرارات تصميمية، على المصمم دراسة نمط حياة السكان في المبنى. وعلى سبيل المثال إن مبنى المكاتب يشغل في الصباح وفي الفترة المبكرة من بعد الظهر، وهو بهذا يحتاج الى زمن تخلف (Time – lag) ما بين ٤ ـ ٦ ساعات، مما يكفي لتقليل وتأخير ممر الحرارة حتى وقت اخلاء السكان للمبنى. أما مباني السكن فهي بحاجة الى زمن تخلف ما بين ٩ ـ ١٢ ساعة، لتأخير انبعاث الحرارة الداخلية الى الوقت الذي تكون فيه درجة حرارة الهواء في حدها الأدنى، وهذا يكونا بعد منتصف الليل وقبل الفجر حيث تكون الحرارة الزائدة مميزة أو في الظروف الباردة، فتكون الأسقف الكتلية، مفيدة في مثل هذه الحالة على وجه الخصوص.

وفي المناطق التي يقل فيها تباين الحدود اليومية لدرجات الحرارة حيث درجة حرارة الليل لا تنزل تحت منطقة الراحة، فان السعة الحرارية الكبيرة يجب أن تقتصر على الحوائط الداخلية أو القسامات والأرضيات، بينما يجب أن تكون الحوائط الخارجية والسقف، ذات مقاومة عزل عالية.

وكبديل لذلك، يمكن فصل غرف الاستعمال النهاري عن التي تكون للاستعمال في الليل، فتكون الأولى محاطة بعناصر ذات سعة حرارية عالية، والثانية بعناصر داخلية من مواد خفيفة تبرد بسرعة بعد غياب الشمس.

إن المعرفة الدقيقة بخواص المواد الحرارية ضرورة ملحة من أجل اختيار أفضل المواد مناسبة، أو أفضل ترتيب للطبقات اذا كان استعمال المنشآت متعددة الطبقات ممكناً. وعلى سبيل المثال إن وضعت مواد عازلة خفيفة على السطح الخارجي لحائط او سقف ذو كتلة كبيرة، يعطي تخلفاً زمنياً (Time – lag) مساوياً تقريباً أربعة أضعاف زمن التخلف الذي ينتج عن

استعمال المواد العازلة للسطح الخارجي نفسها، تمنع تشتت الحرارة من الجزء ذى الكتلة الكبيرة الى الهواء الخارجي في الليل بشكل مؤثر. وتكون التهوية الداخلية بشكل متسع ضرورية، والا فانه في عدة أيام فقط، فان المحتوى الحراري للجزء الكتلي سوف يبنى الى مستوى كبير بحيث تصبح الظروف الداخلية غير محتملة حتى بالنسبة للظروف الخارجية.

كما يمكن أن تكون أرضية المبنى وسيلة لتخزين الحرارة. وللانتفاع بهذا يجب ان يكون المبنى على اتصال كبير بالأرض أي تكون الأدوار الأرضية مصمتة وليست معلقة، ويجب أن لا يكون المبنى بأي حال مرفوعاً على أعمدة ولا معلقاً، فعندئذ ستنتقل الحرارة (بالتوصيل) من أجزاء المبنى الى الأرض. ويكون أفضل وضع يمكن تحقيقه اذا كانت الأرض المجاورة للمبنى مظللة في النهار، ولكنها مكشوفة تماما خلال الليل للسماء، بحيث يتم ابتعاث الحرارة بالاشعاع دون حواجز.

**٧,١,٦ أسطح السقف والحوائط**

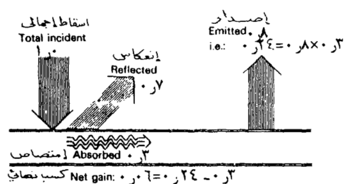
إن اختيار معالجة الأسطح ونوع مواد البناء المستعملة عليها يؤثر في السلوك الحراري للمبنى، وقد يساعد في تقليل الحمل الحراري. إن الألوان الفاتحة أو الأسطح الخارجية اللامعة تعكس قسماً كبيراً من الأشعة الشمسية الساقطة، وبذلك فان كمية قليلة من الحرارة تدخل الى أجزاء المبنى.

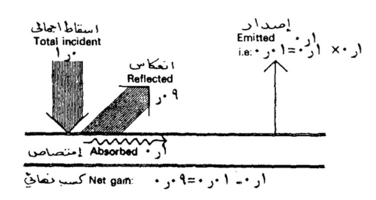
ومما لا شك فيه أن السقف هو أكثر جزء حرج من جميع أسطح المبنى. وفي أي موقع قريب من خط الاستواء فانه يستقبل أكبر كمية من أشعة الشمس وأكبر حمل حراري بالتالي، ولكنه أكثر السطوح تعرضاً الى السماء الصافية في الليل، ولذلك فانه أكثر السطوح اشعاعاً للحرارة الى الفراغ الخارجي ويكون لاختيار مواد سطح السقف أكبر الأثر مقارنة بالحوائط.

ومن المجدي استرجاع ما جاء في الجزء (٣,١,١٦) وهو ان يتم الامتصاص والتشتت لمادة معينة هي نفسها لدرجة حرارة الاشعاع. ولكنها تختلف عندما تكون الحرارة المستقبلة قادمة من الشمس بدرجة حرارة السطح حوالي ٥٥٠٠°م، ولكن درجة حرارة الانبعاث تكون بدرجة حرارة السطح نفسها، ونادراً ما تزيد على ٥٠°م على الأرض. وتزداد أهمية ذلك عند اختيار مواد سطح الأسقف.

وعلى الرغم من أن للأسطح المعدنية الناصعة، مثل صفائح الألمنيوم، والأسطح المدهونة باللون الأبيض، معامل امتصاص يقدر بـ ٢ , ٠ فان للآخير قيمة اصدار تبلغ ثمانية أضعاف الاولى (٨ , ٠ مقابل ١ , ٠) واذا اعتبرنا أن السطح الأبيض لا يظل ناصعاً لمدة طويلة، حيث يمكن أن يزداد معامل امتصاصه الى حوالي ٣ , ٠، واذا ما قارنا هذا بصفائح الألمنيوم الناصعة، التي لها معامل امتصاص فقط ١ , ٠، فمن الواضح أن الالمنيوم سوف يمتص حرارة أقل. وعلى كل حال يظل الاختلال في الاصدار كما هو، ولهذا فان السطح الذي يمكنه اصدار الحرارة للفراغ الخارجي، يظل أكثر فائدة من استعمال الأسطح البيضاء. واما الحائط العمودي، الذي يقابل أسطحاً لمبانٍ أخرى، وأرضاً لها درجة الحرارة نفسها، ففرصة إصداره للحرارة بالاشعاع تكون قليلة، وكذلك قيمة معامل الاصدار، حيث يكون استعمال الأسطح المعدنية الناصعة ذا نتائج أفضل، رغم أن امتصاصها يزداد مع الزمن الى حوالي ٢٥ , ٠ (الشكل ١٤٦). ويجب تجنب استعمال الألوان الداكنة في كل الاحوال.

الشكل (١٤٦): مقارنة بين اللون الأبيض والأسطح المعدنية الناصعة



٧.١.٧ التهوية وتدفق الهواء

يجب تظليل الفتحات وقفلها في اثناء النهار وأن تكون التهوية بحدها الأدنى الضروري للأسباب الصحية، ذلك لتقليل دخول الهواء الخارجي الحار المغبر وتكون فتحات الهواء موجودة بحيث تسمح للهواء الأكثر برودة والأقل غباراً بالدخول فقط، وحتى اذا كان ضرورياً، فان الهواء يمكن تمريره إلى الأماكن التي تحتاجه. وبذلك تسهل المحافظة على الظروف الباردة الموجودة عند الفجر في داخل المبنى لأكبر مدة زمنية ممكنة.

ويمكن أن يسبب الكسب الحراري الداخلي، الناتج من أجسام المخلوقات والطبخ والاضاءة، (والذي يشار اليه بالحرارة الشاذة) معضلة كبيرة. تستطيع التهوية أن تزيل الحرارة العالية فقط (درجات الحرارة الأعلى من الهواء الخارجي). فاذا كان ممكناً، فان مثل هذه الحرارة يجب عزلها وتهويتها منفردة. وفي أماكن التجمهر (كالمدارس وقاعات الاستقبال... الخ) تستحيل المحافظة على الهواء الداخلي أبرد من الهواء الخارجي أو تكاد، إلا لفترة محدودة. عندما تكون كمية الحرارة الناتجة من الأجسام أكبر من معدل امتصاص الهواء الخارجي، يمكن تجنب زيادة أخرى باستعمال تهوية واسعة.

وتكون التهوية الموسعة في الليل، كما رأينا، ضرورية لتبديد الحرارة المخزونة. ويكون من المجدي اذا وجه مجرى الهواء في الليل باتجاه الأسطح الداخلية الحارة. وحيث أن الأسطح الأكثر حرارة يمكن أن تكون الأسقف وتحت الأسطح، ولهذا ينصح بجعل مستوى الفتحات دون السقف مباشرة.

اذا استعمل سقف مزدوج، أو استعمل سطح وسقف منفصلين، كان لا بد من احتساب الحرارة المنقولة من السطح الخارجي الى السقف. هذه الحرارة جزئياً تشع (حوالي ٨٪) وجزئياً تنتقل بالتوصيل. وحيث أن السطح الخارجي ادفء من السقف، والهواء الحار يرتفع الى أعلى، فلن يكون هنالك تيارات حمل، ويكون هنالك انتقال الحرارة بالتوصيل فقط. واذا كان الفراغ بينهما مقفلاً، فقد يصل الهواء المحصور الى درجة حرارة مرتفعة جداً، وبذلك يزيد من انتقال الحرارة بالتوصيل. يمكن تجنب ذلك باستعمال تهوية موسعة في الفراغ بين السقفين.

إن التهوية لا تقلل من انتقال الحرارة بالاشعاع، ولكنها تقلل درجة حرارة الأسطح الداخلية للغلاف الخارجي، وبذلك يقل إصدار الحرارة المشعة من ذلك السطح. وهنالك طريقة أخرى لتقليل انتقال الحرارة المشعة بين السطحين، وذلك باستعمال اسطح ذات معامل اصدار قليلة في الغلاف الخارجي (استعمال الالمنيوم المدهون من الخارج بالأبيض، ويترك مصقولاً من الداخل) وباستعمال أسطح ذات معامل انعكاس كبيرة على ظهر السقف. يمكن استعمال صفائح الألمنيوم مصقولة للافادة في كلا الحالتين (انظر ٧,١,٦).

ولما كانت تهوية فراغ السطح مفيدة في كلا الحالتين، فقد وجب الاهتمام بتصميم الفتحات في هذا الفراغ وتوجيهها صوب النسيم السائد. وان كان هذا النسيم أسخن من الهواء المطلوب للراحة، (وبهذا يجب حجزه من السطح نفسه)، فان درجة حرارة السطح في الخارج والداخل تكون أعلى بكثير، من الهواء الخارجي، فيكون التخلص من بعض الحرارة الزائدة مجديا.

إن فصل السطح عن السقف يعتبر الحل الطبيعي في المناخات الدافئة الرطبة (٧,٢,٥)، ولكن يندر استعماله في المناطق الحارة الجافة. اما اذا استعمل مثل هذا الحل لسبب ما، فيجب أن يكون السطح من مادة خفيفة والسقف من مادة كتلية. ويوجه ميل السطح باتجاه النسيم السائد، ويجب تجنب أية حواجز قد تمنع تدفق الهواء الى السطح الخارجي. إن استعمال تصوينة عالية مسطحة حول السطح، على سبيل المثال، يكّون منطقة ساكنة من الهواء الساخن، ولذلك يحسن عدم اقامتها.

٧,١,٨ المأوى التقليدي

للمبنى التقليدي في معظم الصحارى حوائط من الطين أو الطوب أو الحجارة وأسقف من المواد نفسها، وعادة ما يكون مدعوماً ببضع قطع من الأخشاب، عندما لا يكون القبو مستعملاً (الشكل ١٤٧). إن الحوائط السميكة تعطي سعة حرارية جيدة، كما أنها تعطي الأمن والحماية ضد الازعاج. ان هذه المنشآت غالباً ما تكون حارة نوعاً ما في الليل، في الفصول الحارة الطويلة حيث تستعمل الأفنية والأسطح للنوم في الخارج.

الشكل (١٤٧): منارل تقليديه من الطين في مدينه باكو – نيجيريا



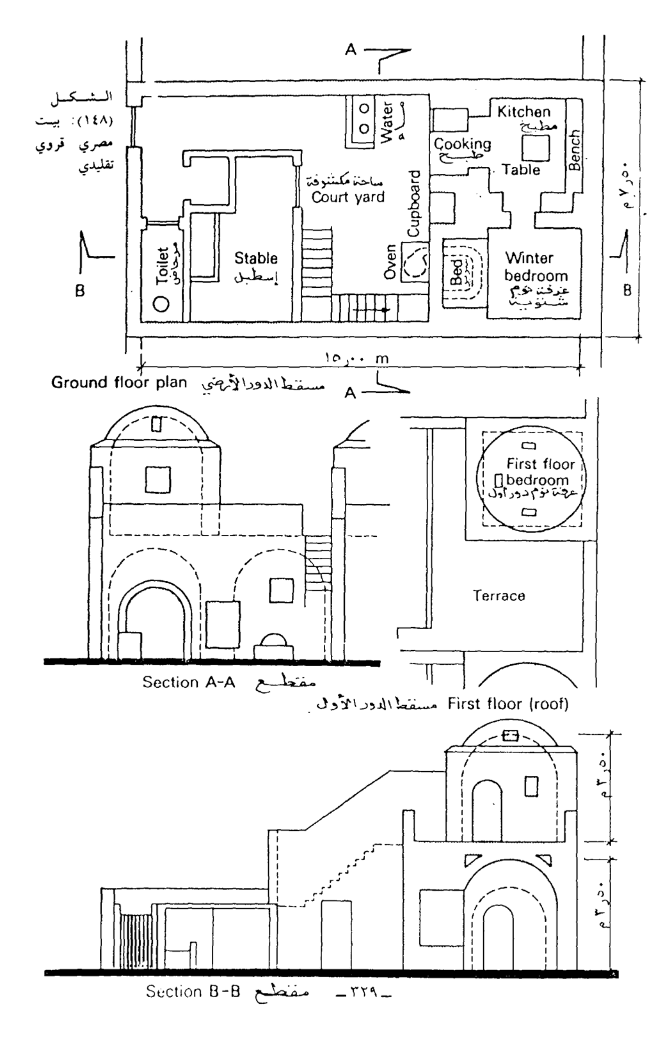
تبنى الغرف عادة حول فناء مركزي، يكون بارداً نسبياً كما أنه يحقق الخصوصية للنشاطات اليومية الخارجية للعائلة.

وتكون الفتحات والنوافذ والأبواب صغيرة الحجم قليلة العدد. وتكون النوافذ عادة في أعلى الحائط، تسمح بقليل من الحرارة والغبار، تقلل ابهار الارض، ولكن التهوية عادة لا تكفي للتبريد الليلي ولا للأمور الصحية، بل قد تسبب خطراً على الصحة وتسبب انتشار الأوبئة من خلال المباني المتراصة.

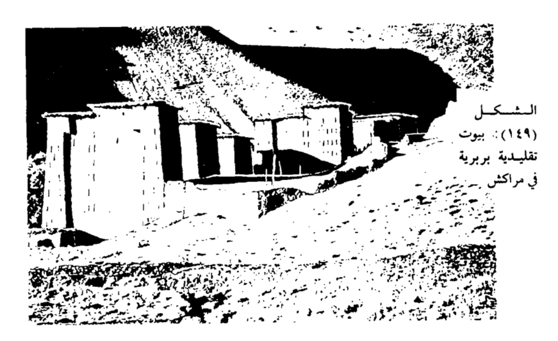
ويبين الشكل (١٤٨) بيتاً تقليدياً قروياً، يستعمل في المناطق الصحراوية سواء الريفية أو الحضرية. ويبين الشكل (١٤٩) مثالاً مشابهاً من مراكش، بينما يمثل الشكلان (١٥٠) و (١٥١) نماذج أحدث.

**٧,١,٩ المناخ الصحراوي الساحلي**

قليلاً ما تختلف هذه المناخات عن المناطق الصحراوية الحارة الجافة والاختلاف الرئيسي بينهما هو الرطوبة العالية. إن الاختلاف في درجة الحرارة اليومية قليل وكذلك الحد الأقصى من درجات الحرارة. إنه أصعب المناخات من حيث تصميم المباني المناسبة (انظر ١,٣,٦).

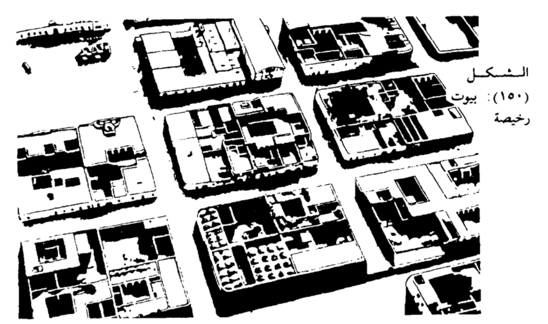



الشكل (١٤٨): بيت مصري قروي تقليدي



الشكل (١٤٩): بيوت تقليدية بربرية في مراكش .

بيوت رخيصة التكاليف مبنية في مدينة توجورت ـ الجزائر (مقارنة بالموقع العام التقليدي شكل ١٤٣ . المدينة القديمة ذات شوارع ضيقة ومظللة ، اما الشوارع في توجورت فهي متسعة ومعرضة للشمس ومغبرة) .



الشكل (١٥٠): بيوت رخيصة

إن استعمال انشاءات ذات سعة حرارية عالية (رغم أنها ما زالت مجدية) لن تكون مؤثرة كما هي الحال في المناطق الحارة الجافة. ويمكن الانتفاع بالرياح الساحلية التي تهب من البحر في النهار في تحسين الظروف الحرارية. أما الرياح الليلية القادمة من الصحراء باتجاه البحر فانها تجلب معها الهواء الساخن الصحراوي والغبار وقد تكون مزعجة دون شك، ولذلك لا بد من التحصن دونها وربما كان الحل الوحيد هو عمل مساحات بديلة :

أ ) احداها باستعمال حوائط وأسطح ذات سعة حرارية عالية للاستعمال الليلي، وخصوصا في الفترة الباردة من السنة. وهذه يجب أن يكون لها فتحات تواجه الصحراء.

ب ) وأخرى منشأة من مواد خفيفة، والسقف يستعمل لتحقيق الظلال فقط، وأحد اتجاهاتها تواجه البحر والجهة الأخرى مفتوحة تماماً. وهذه أفضل الحلول للاستعمال في النهار وخصوصاً في الفترات الحارة من السنة.

ويكون للرياح في مثل هذا المنـــاخ أكبر الفائدة ( انظر ٤,٣,١٦ والشكل ٨٥).

## ٧,٢ مأوى للمناخات الدافئة الرطبــة

٧,٢,١ طبيعة المنــاخ
٧,٢,٢ الأهداف الوظائفية
٧,٢,٣ الشكل والتخطيط
٧,٢,٤ الساحات الخارجيـة
٧,٢,٥ الأسطح والجـدران
٧,٢,٦ الفتحات وتدفق الهواء
٧,٢,٧ التهويـــــــة
٧,٢,٨ المأوى التقليدي
٧,٢,٩ المناخات الدافئة الرطبة الخاصة بالجزر

---

٧,٢,١ طبيعة المناخ

إن أبرز صفات هذا المناخ هي : الحرارة والأحوال الجوية المتلبّدة واستمرار وجود الرطوبة. وتبقى درجـات الحـرارة عـاليـة ما بيـن ٢١م° و ٣٢م°، مـع اختلاف قليل بين الليل والنهار. ونادراً ما تزيد عن درجة حرارة الجلد.

وتكـون الـرطوبة عالية في الفصول جميعها. وتقوم الغيوم وبخار الماء بترشيح أشعـة الشمس المبـاشرة، وتقللها، وغالباً ما تشتت الأشعة، ولكن الغيوم إلى جانب ذلك، تمنع الاشعاع من الأرض في الليل. وتحتوي رطوبة الهواء على حرارة متوسطة والأمطار الشديدة محبذة لنمو النباتات. إن الغطاء النباتي يقلل انعكاسات الأشعة ويقلل من كسب سطح الأرض للحرارة.

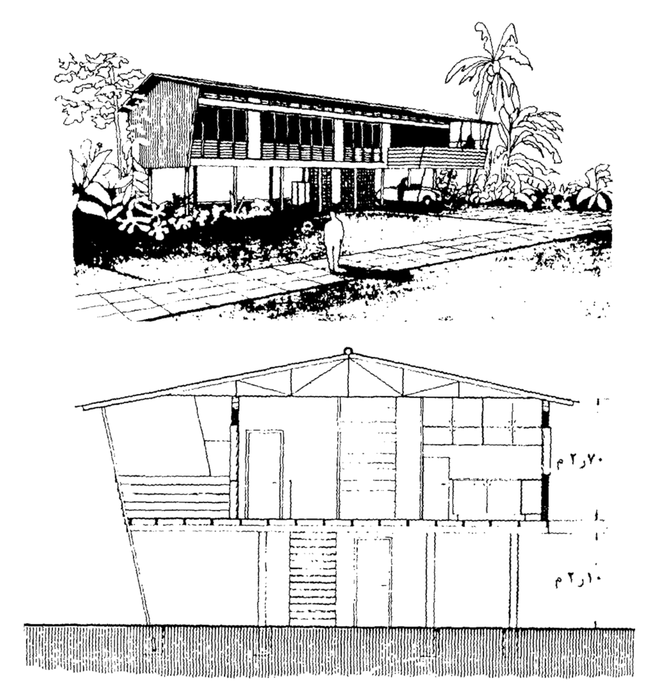
وبشكل عام، تكون الرياح ذات سرعة قليلة، ومختلفة السرعة، ولكنها غالباً ما تكون ثابتة (انظر ٣,٣,١).

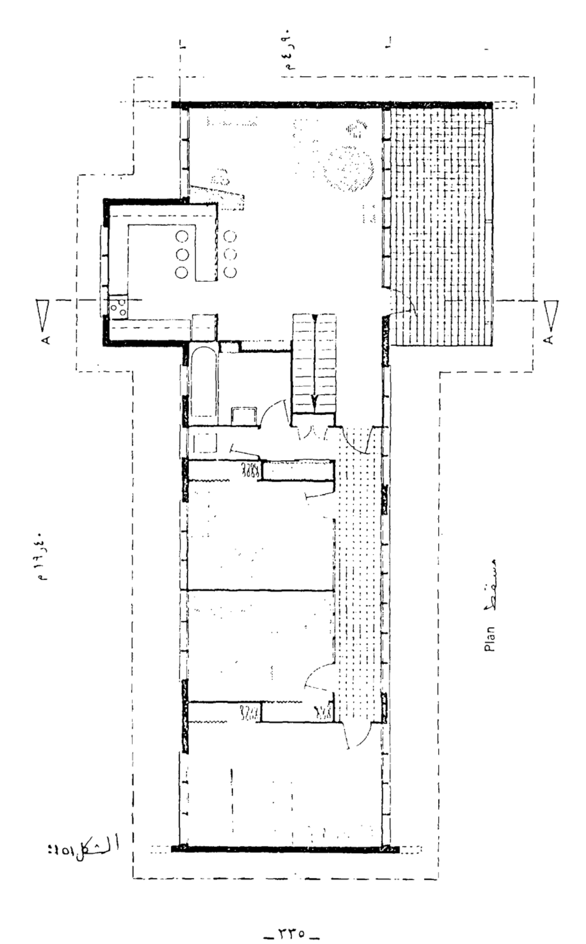
٧٩٢,٢ الأهداف الوظائفية

بما أن درجة حرارة الهواء تكون باستمرار، قريبة جداً من درجـة حـرارة الجلد، فان الفقد الحراري من الجسم إلى الهواء عـن طريـق الحمـل يكون مهملاً.

ولتحقيق الراحة الجسمية يجب أن يكون هنالك فقد حراري من الجسم

الشكل ١٥٢ : منزل لعائلة متوسطة في نورثترتيوري ـ اوستراليا (بيت لأحد موظفي الكمنولثي، ١٩٥٣)






الشكل ١٥١:

إلى المحيط الخارجي، بقدر الحرارة الناتجة من تفاعلات الجسم على الأقل. إن تبخر كمية قليلة من رطوبة الجسم، في الهواء عالي الرطوبة، يؤدي إلى إشباع الهـواء المحيط بالجسم، ويحد من التبخر الاضافي. ويمكن إزالة هذا الهواء المشبـع المحيط بالجسم بواسـطة حركة الهواء. ويمكن تحقيق بعض الراحة بتشجيع النسيم الخارجي ليس ليمر خلال المبنى وحسب، ولكن ليمر حول سطح أجسام السكان أيضاً. وفي الحقيقة هذه هي الطريقة الوحيدة لتحسين الظروف الحرارية.

ونظراً لعدم وجود تبريد مناسب في الليل، فان درجة حرارة سطح الحائط والسطح تعمل على تعادل درجة الحرارة والمحافظة على درجة الحرارة الداخلية كدرجة حرارة الهواء. ويعزز هذا التعادل بتدفق الهواء الخارجي خلال المبنى.

**شكـل ١٥٢** منـزل لعـائلة متوسطة في نورثترتيوري ـ اوستراليا (بيت لأحد موظفي الكمنولث، ١٩٥٣).

وبـذلـك، يُعَدُّ فقدان حرارة الجسم بالاشعاع مهملًا، وتكون درجة حرارة السطح قريبة من درجة حرارة الجلد. على كل حال يجب أن يمنع كسب الحرارة بالاشعاع من الشمس والسماء.

**٧,٢,٣ الشكل والتخطيط**

وحيث أن حركـة الهـواء هـي الطريقـة الوحيدة الممكنة للراحـة مـن اجهادات المناخ، مما يجعلها جوهرية للراحة في الداخل، فلا بد مـن فتح المبنى للنسيم، ويجب توجيهه لاستقبال أية حركة للهواء. واذا فشل المصمم في تحقيق ذلك فستنتج ظروف داخلية عادة ما تكون ادفأ من الساحات الخارجية المظللة والمعرضة لحركة الهواء.

وتكـون المبـاني في مثل هذا المناخ مستطيلة الشكل في المسقط وذات مسقط حر، وتكون الغرف على شكل صف واحد للسماح بالتهوية المستعرضة (Cross-Ventilation) (الشكل ١٥٢). ويمكن وضع مخارج لهذه الغرف من خلال ممرات أو برندات مظللة. وتكون الغرف والشبابيك مفتوحة، أو يجب أن تكون كذلك، بقدر المستطاع، لتسمح بحرية مرور الهواء. وتكون المباني متباعدة حيث تستمر المساقط الأفقية على شكل صف مستقيم مواجهة للرياح السائدة مبدية مقاومة قليلة لحركة الريح وهذا هو الحل المثالي.

وإذا وضعت صفوف المباني متتالية، فإن حركة الهواء خلال المباني الموجودة بعكس اتجاه الهواء، سوف تقل بشكل كبير. ويعمل الغطاء النباتي على وجود تدرج عميق مقارنة بالسطح المفتوح (انظر ١١, ٤, ١ والشكل ٢٥) أي تقييد حركة الهواء بالقرب من الأرض، ويكون من الضروري رفع البناية على ركائز، وبذلك تتجنب الهواء الساكن أو الحركة البطيئة للهواء على سطح الأرض، وتمسك بحركة الهواء ذي السرعة الكبيرة (الشكل ١٥٣). وتكون الأرض نفسها ذات درجة حرارة قريبة من درجة حرارة الهواء، وبذلك فان توصيل الحرارة بعيداً عن المبنى إلى الأرض لن يكون ذا قيمة معتبرة على أية حال.

وعلى الرغم من أن شدة الإشعاع تكون في العادة، أقل منها في المناطق الحارة الجافة، فانها تُعَدُّ مصدراً مهماً للحرارة، ولذلك يجب منعها من الدخول الى المبنى. وبما أن الاشعاع، في المناخات الحارة الجافة، غالباً ما تكون اتجاهية أو موجهة، فإن زوايا الظل يمكن أن تحسب بشكل دقيق، ولكن هنا يكون معظم الاشعاع منتشراً، وقادماً من نصف كرة السماء جميعها، ولهذا يجب تزويد كاسرات الشمس بغطاء أكبر بحيث تحجب معظم السماء وليس مكان إسقاط الشمس فقط . وحيث أن الفتحات أوسع منها في المناخات الحارة الجافة، فان عناصر الظلال يجب أن تكون أكبر بكثير في كلا البعدين. وتكون الخصائص البارزة في المباني هي الفتحات والتظليل.

إن لتظليل جميع الأسطح العمودية، والفتحات والحوائط المصمتة فائدة كبيرة. ويسهل تحقيق ذلك إذا كانت ارتفاعات المباني قليلة. ومن المعتاد أن يمتد السطح الى أبعد من خطوط الحوائط، مع وجود رفاريف معلقة بعيداً لتعطي التظليل الضروري للفتحات وأسطح الحوائط . ويكون أفضل وضع بالنسبة للكسب الحراري الشمسي، هو توجيه المباني بحيث تكون المحاور الطويلة باتجاه الشرق ـ الغرب. وربما يحدث ذلك تضارباً مع متطلب اتجاه الرياح. يجب أن يخضع هذا التضارب إلى التحاليل التفصيلية إلى كل حالة خاصة، حيث لا توجد قاعدة عامة لذلك. ويجب التذكر، على كل حال، أنه لا يمكن تغير جغرافية الشمس، ولكن باستعمال عناصر خارجية مبنية للخارج بمهارة، مثل حوائط مخرمة أو حتى اسقاط جناح المبنى، يؤدي إلى تغير حركة الهواء.

وفي حالة المباني قليلة الارتفاع، وحيث الحوائط لا تأخذ إشعاعاً كثيراً، فاننا ننصح بالتوجيه قبالة الهواء. أما في المباني العالية فانه يحدث عكس ذلك، ويكون تجنب الشمس هو العامل الحاسم.

٧,٢,٤ الساحات الخارجية

إن الأسس المطبقة في تصميم الساحات الخارجية هي نفسها الأسس المطبقة في تصميم المباني حيث يكون التظليل وحرية مرور حركة الهواء هما المتطلبين الأساسين.

ويمكن الاعتماد على الأشجار والنباتات كعناصر تظليل حيث، تكون النباتات دائمة الخضرة. ونادراً ما يكون الانشاء المقام لتظليل فراغ مفتوحاً، ولكن التعريشات (البرجولات) والهياكل الخفيفة التي تغطى بالنباتات المتسلقة يمكن أن توفر بتكلفة رخيصة ويمكن أن تكون مؤثرة جداً. ويمكن أن تكون المساحات تحت المباني المرفوعة على أعمدة مساحات مظللة خارجية. ويظل توفير الخصوصية والممرات التي تسمح بمرور الهواء صعباً حتى ابتكرت الأنظمة المختلفة من الأسوار والحوائط الساترة، حيث تحول دون الرؤية المباشرة وتسمح بدخول النسيم. ويمثل معظم هذه العناصر شرائح من ألواح الخشب (Louvers) أو بعض الترتيب الذي يكتنف الألواح أو الستائر. ولسوء الحظ ، فان معظم هذه الترتيبات تقلل من سرعة الرياح بشكل كبير.

إن كثافة المستعمرات في المناطق الدافئة الرطبة عادة تكون أقل منها في المناخات الحارة الجافة وذلك :

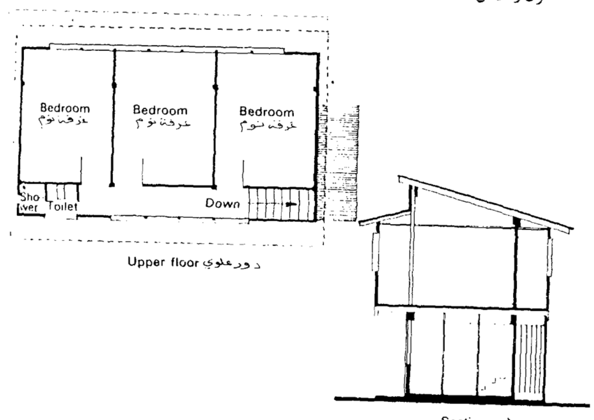
١ .للسماح لحرية الحركة للهواء خلال المباني وخلال المساحات بين المباني.
٢ .لتحقيق الخصوصية نتيجة التباعد، حيث يصعب استخدام الحوائط والسواتر لهذا الغرض (إذ إنها تمنع حركة الهواء).
٣ .حدوث عدة نشاطات في الخارج.

**الشكل ١٥٣** : بيت رخيص التكاليف في غانا

٧,٢,٥ الحوائط والأسطح

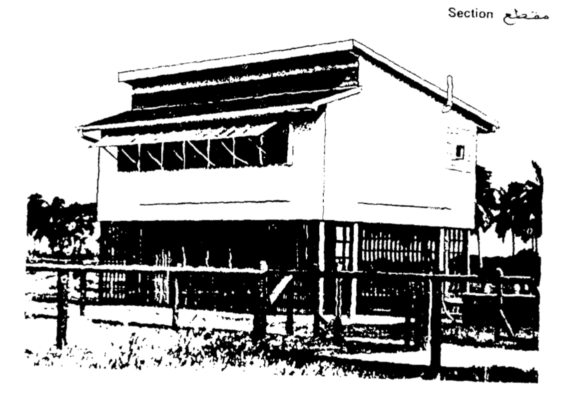
بما أن درجة حرارة الهواء الخارجي تظل ثابتة تقريباً في الليل والنهار، فان المبنى لا يبرد إلى حد كافٍ في الليل للسماح بتخزين الحرارة في النهار. وإن مبدأ

منزل رخيص التكاليف حديث بغانا

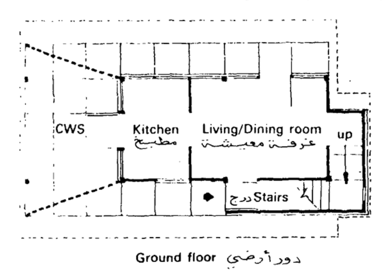



Upper floor دور علوي

Section مقطع



الشكل (١٥٣): بيت رخيص التكاليف في غانا




التخزين الحراري لا يعتمد عليه في هذا المناخ. ولهذا ينصح بتشييد المباني من مواد ذات سعة حرارية قليلة، وباستعمال إنشاء مكون من مواد خفيفة.

ويفتح المبنى لحركة الهواء وللظروف الخارجية، فيقل تأثير الانشاء على الظروف الداخلية. ويكون السطح بوجه خاص العنصر الوحيد المهم. إنه لن يحسن الظروف، أي انه لن ينتج درجة حرارة داخلية أبرد من درجة الحرارة الخارجية، ولكنه على الأقل، إذا صمم بشكل جيد، فانه يمنع زيادة درجة الحرارة الداخلية عن درجة الحرارة الخارجية. ويحافظ على درجة حرارة السقف حول معدل درجة حرارة الأسطح الأخرى.

ويمكن تحقيق ذلك باستعمال الأسطح الخارجية عاكسة، والانشاء المزدوج للأسقف مع وجود فراغ مهوى بين السقفين، وسقف له سطح خارجي ذو معامل انعكاس عال، مع وجود مواد عازلة ذات مقاومة عالية. على أن يكون للسقف والسطح سعة حرارية قليلة. فيستعمل السقف المائل، ويكون مغطى بصاج مموج، أو من الاسبست أو الألمنيوم المصقول. إن هذا السقف وحده يخلق ظروفاً داخلية لا تحتمل، حيث تصل درجة حرارة السطح الى ٣٠°م أعلى من درجة حرارة الهواء.

وقد اقترح [٩٧] كأداء قياسي، إن درجة حرارة السقف يجب أن لا تزيد عن درجة حرارة الهواء بمقدار ٤°م. ويمكن تحقيق ذلك باستعمال نوع من الأسقف المكونة من ألواح عازلة ذات قيمة U قريبة بـ ١,٥ واط/م٢ درجة م (قيمة U للسطح والسقف معاً بحدود ٨,. واط م٢ درجة م).

ولكن لسوء الحظ، إن مثل هذه الكمية من العزل ما زالت باهظة التكاليف، مما يزيد من تكلفة المباني رخيصة التكاليف. ومع ذلك، فان أرخص أنواع الأسقف تحسّن من عزل المبنى بشكل جذري. وقد سجل [٩٨] في بيتين متطابقين مغطيين بصفائح مموجة من الاسبست السمنتي واختلاف في درجة الحرارة مقداره ١٤°م: في إحدى هذه الحالات قيست درجة حرارة مقدارها ٤٨°م تحت سطح من صفائح الاسبست الإسمنتي حيث لا يوجد سقف، وكانت درجة الحرارة ٣٤°م مع وجود سقف من ورق مقوى (موضوع على وجهه العلوي صفائح الألمنيوم) ممتدة فوق جسور الربط لجمالونات السقف (كانت درجة الحرارة الهواء الخارجي ٢٢°م).

٧,٢,٦ الفتحات وتدفق الهواء

يجب وضع الفتحات في مكان يناسب علاقتها باتجاه النسيم السائد، للسماح بتدفق الهواء الطبيعي خلال الفراغ الداخلي على مستوى جسم الانسان، أي منطقة المعيشة (حتى ارتفاع ٢م). يجب أن تكون هذه الفتحات متسعة ومفتوحة بكاملها، فلا فائدة في كونها ذات فتحات زجاجية مقفلة.

ويمكن أن يتأثر تدفق الهواء بالمظاهر الطبوغرافية، وبتوجيه المبنى ومواقع المباني المجاورة وحواجز اخرى. ويجب اعتبار كل هذه الأمور بعناية، إذ يجب أن تكون الفتحات غير خاضعة لتأثير الحواجز الخارجية. ويجب أن لا يمر الهواء فوق أسطح حارة (مثل الاسفلت) قبل وصوله للمبنى.

إن من أهم الصعوبات التي يجب على المصمم حلها، وهي تزويد المبنى بفتحات واسعة، مع تأمين حماية من المطر المباشرة، والحشرات والروائح والازعاج، دون تقليل حركة الهواء بشكل جذري، وقد نوقشت بعض الحلول الممكنة لهذه المعضلة في الأجزاء ٤,٣,١٠ إلى ١٤.

ويمكن استعمال مراوح مثبتة بالسقف وغيرها من المراوح عندما تنعدم

التهوية ولا تكون حركة الرياح نشطة، ولكن هذه الوسائل سوف تعمل على تحريك الهواء فقط (وبالتالي تساعد على التبريد بالتبخير)، ولا تساعد على تبادل الهواء.

٧,٢,٧ التهوية وتعتبر التهوية (تبديل الهواء) ضرورية. وبدون تبديل الرياح فان درجة الحرارة والرطوبة لهواء الغرفة سوف يزداد فوق قيم الهواء الخارجي، نتيجة للحرارة والرطوبة الخارجة من أجسام الناس وللنشاطات المختلفة (مثل الغسيل والطبخ). ولذلك فان هناك حاجة في هذا المناخ لتبديل الهواء دورياً (التهوية ولحركة الهواء بشكل معقول خلال سطح الجسم.

والتهوية ضرورية أيضاً للفراغ بين السقف والسطح، ويجب توفير فتحات كافية لهذا الهدف. ويمكن أن يسبب تهوية هذا الفراغ انخفاض درجة الحرارة الى ٢°م، دون تغير طبيعة الانشاء [٩٩]. ويجب أخذ الحيطة لمنع الهواء الذي يمر خلال هذا الفراغ من الوصول إلى منطقة المعيشة (مثل طرده الى البرندة) حيث يكون أسخن من الهواء الخارجي العادي.

٧,٢,٨ المأوى التقليدي هنالك نوعان من المباني التقليدية وجدت في المناخات الدافئة الرطبة. حيث يكون الخشب نادراً فان المبنى النمطي يكون من دور واحد، من حوائط من الطين، والسقف من جسور خشبية، من النخيل أو الخيزران، مغطاة بالقش. ويظلل الحوائط أفاريز بارزة للخارج. ومن عيوب هذا المأوى، أولها قلة وجود حركة هواء (أو عدم وجود) داخل المبنى مما يخلق ظروفاً لا تطاق: وثانيها: أن السور أو الحائط أو كلاهما يحولان دون تحقيق أي فائدة من النسيم ولو بسيطة. ويؤدي المطر الغزير إلى تآكل أساس وسطح الحوائط الطينية، ولذلك فان الصيانة الدورية تعتبر أساسية. ويؤدي عدم تهوية الفراغات الداخلية إلى وجود الرطوبة الدائمة.

وفي المناطق التي يوجد بها أخشاب أو تلك التي لا تكون فيها مواد الأرض كالطين مناسبة للبناء فان المأوى التقليدي عادة ما يرفع على أعمدة أو ركائز ويبنى من الخشب المحلي أو هياكل من الخيزران مغطاة بحصير منسوج (من الخيزران أو البوص) وتكون الحوائط من الخشب أو الخيزران، وكذلك الأرضيات والأبواب والأباجورات. وتغطى الخيزران أو الخشب طبقة أو عدة


منزل قروي بمالي الشكل (١٥٤):

طبقات من القش يكون لها مظلات معلقة أو رفاريف كبيرة (الشكل ١٥٤ و ١٥٥).

إن المنشأ المبني من الخشب الخفيف يحتفظ بقليل من الحرارة ويبرد بما فيه الكفاية في الليل. إن المبنى المرفوع يكون أكثر أماناً وتكون تهويته أفضل من المأوى المكون من دور واحد. إن سقف القش يعتبر عازلاً حرارياً جيداً، على الرغم من أنه لن يكون عازلا من الرطوبة في بداية انشائه. وتظلل المظلات والرفاريف البارزة الحوائط والفتحات، وتعمل على حمايتها من الأمطار وأبهار السماء وتسمح بالمحافظة على فتح النوافذ في معظم الوقت. هنالك عيب واحد في هذا الانشاء وهو أن سقف القش يعتبر مكاناً أميناً لنمو الحشرات، ويعتبر الخشب وحصائر الخضروات طعاماً وممراً سهلا للنمل الأبيض.

إن كلا البيتين التقليديين يؤديان وظيفتيهما في المناطق الريفية بشكل مقبول، حيث تتوافر المواد واليد العاملة لصنعهما وصيانتهما. ولكن في المناطق الكثيفة، مثل المدن، فانه حتى النوع الثاني (المعمول من الأخشاب) يفقد

ميزاته المناخية ويسبب سقف القش خطراً متواصلاً لاشتعال النار. وإنه من الصعوبة استخدام أي من النوعين في المدن.

۷.۲.۹ المناخات الدافئة للجزر

وهنالك أنواع من المناخ الدافىء الرطب ـ وهو أفضل بقليل من المناخ السابق. تكون درجة الحرارة أقل قليلاً، ولكن تكون هنالك رياح مستمرة سرعتها تتراوح ما بين ٦ ـ ٧م/ث، وغالباً ما تكون ثابتة الاتجاه للاعتماد عليها في التبريد. إن التوجيه وطريقة انشاء المبنى ليحصل على أكبر كمية من حركة الهواء يكونان حقيقة ملحة أكثر منه في المناخ الدافىء الرطب.

إن معظم هذه الجزر واقعة في حزام الأعاصير المداري. ولذلك يجب أن تكون المنشآت وطريقة الانشاء مصممة لتحمل الرياح الشديدة السرعات التي تصل سرعتها إلى ٧٠م/ث (١٥٠ ميل/ ساعة أو قوة مقدارها ١٢).

الشكل ١٥٥ : مباني في نهر في تايلند



## ٧,٣ مأوى للمنـــاخ المركـــب

٧,٣,١ طبيعة المنـاخ
٧,٣,٢ الأهداف الوظائفية
٧,٣,٣ معايير التصميم
٧,٣,٤ دليل عدم الراحــة
٧,٣,٥ الشكل والتخطيط
٧,٣,٦ الساحات الخارجيـة
٧,٣,٧ الأسطح والجدران
٧,٣,٨ معالجة السطح
٧,٣,٩ الفتحـات
٧,٣,١٠ التهوية والتكثيف
٧,٣,١١ المأوى التقليدي

---

٧,٣,١ طبيعة المناخ

إن المناخات المركبة أو الموسمية، ليست حارة جافة دائماً وليســت دافئـة رطبة. وتتغير خواصها من فصل لآخر، على الرغم من وجود فترات قصيرة، بين الفـترة الحارة الطويلة الجافة، وينزل المطر مركزاً وتكون الرطوبة عالية. هنــالك اختلاف معتبر في درجات الحرارة والرطوبة والرياح والسماء وظروف الأرض يمكن ملاحـظتـه بسهـولة بمقارنته بوصف المناخات الدافئة الرطبة والحارة الجافة. (انظر ٧,٣,١).

وفي مناطق متعددة هنالك فصل ثالث، حيث يكون النهار جافاً مشمساً والليل بارداً غير مريح، وهذا ما يشار إليه بفصل الشتاء.

٧,٣,٢ الأهداف الوظائفية

إن الأهداف الوظائفية (فسيولوجية) التي وضعت للمناخ الحار الجاف والمنـــاخ الدافىء الرطب يمكن أن تعتمد لهذا المناخ. هنالك معضلات إضافية ناتجــة من الفصـــل الثالث حيث تكون درجة الحرارة المؤثرة، في هذا الفصل البارد، اقل بكثير من مثيلاتها في الفصلين الدافئين، وتعتمد الراحة الجسمية على منع فقدان الحرارة من الجسم، وخصوصاً في أثناء الليل. أما في الفصول

الدافئة فان تبديد الحرارة لا يكون كافياً، وعلى المصمم محاولة زيادة ذلك بقدر المستطاع، ولكن، في الفصل البارد، يمكن أن تكون زائدة، بحيث تسبب إحساساً بعدم الراحة ـ ولذلك يجب اتخاذ المعايير من أجل الاحتفاظ بالحرارة.

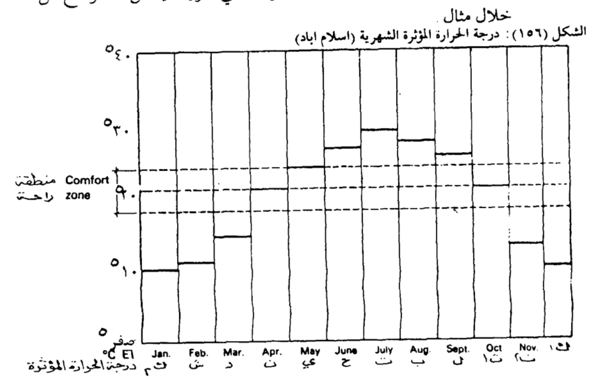
ويزداد الأمر سوءاً في الحقيقة، لأن الناس تتأقلم في الفصل الدافىء مع درجات الحرارة العالية، مما يقلل احتمالهم للظروف الباردة.

### ٧,٣,٢ معايير التصميم

إن المناخات ذات الفصول المتغيرة تجعل مهمة المصمم صعبة. فقد يكون الحل المناسب لفصل ما غير مناسب لفصل آخر. إن معايير التصميم الحرارية الموصى بها في المناخات الحارة الجافة قابلة للتطبيق ليس فقط في الفصول الحارة الجافة، من المناخ المركب، ولكن أيضاً في الفصول الباردة إلا في بعض التفاصيل الدقيقة. وفي الفصل الموسمي أو الماطر، يجب تصميم المباني تبعاً لمعايير المناخ الدافىء الرطب، الذي يتطلب حلولا مختلفة تماماً.

ويمكن أن تخدم مظاهر انشائية كثيرة على حد سواء وفي جميع الفصول بكفاءة كبيرة. وتظهر المعضلات من تضارب المتطلبات غير المنسجمة. ولتطوير معايير تصميم مثالية مناسبة للمناخات المركبة بشكل كلي، فانه من الضروري صنع بعض الموازين موضحاً عليها جدولاً للأولويات. وقد يعتمد نظام هذه الأوزان على أطوال الفصول المختلفة وعلى نسبة قسوة تلك الظروف ومدى علاقتها بالحياة المنتظمة. إن هذه الطريقة التي طورت يمكن أن توضح من خلال مثال.

الشكل (١٥٦): درجة الحرارة المؤثرة الشهرية (اسلام اباد)



٧,٣,٤ دليل عدم الراحة

يبين الشكل (١٥٦) درجة الحرارة المؤثرة المتوسطة الشهرية لمدينة اسلام اباد ومبين عليه أيضاً منطقة الراحة، حيث خطها المحوري هو ٢١°م. المسافة بين خط المحور وبين منحني درجة الحرارة المؤثرة تعطي مستوى عدم الراحة لكل شهر كاشارة سالبة أو موجبة من الدرجات المئوية. ويضرب مستوى عدم الراحة في المدة الزمنية لتلك الظروف لتعطي دليل عدم الراحة. ويمكن أن تقرأ المقادير التالية في مدينة اسلام اباد.

| الفصل | الشهر | مستوى عدم الراحة | المدة | الدليل | النسبة المئوية |
|---|---|---|---|---|---|
| الحار الجاف | أيار | + ٣°م | ١ شهر | ٣ | |
| | حزيران | + ٥,٥ | ١ | ٥,٥ | |
| | | المجموع الفصلي | | (+) ٨,٥ | ١٣,٥ |

| الفصل | الشهر | مستوى عدم الراحة | المدة | الدليل | النسبة المئوية |
|---|---|---|---|---|---|
| الدافىء الرطب | تموز | + ٨°م | ١ | ٨ | |
| | آب | + ٦,٥ | ١ | ٦,٥ | |
| | أيلول | + ٤,٥ | ٠,٥ | ٢,٢٥ | |
| | | المجموع الفصلي | | (+)١٦,٧٥ | ٢٦,٥ |
| البارد الجاف | ت ٢ | -٨°م | ٠,٣ | ٢,٤ | |
| | ك ١ | -١١ | ١ | ١١ | |
| | ك ٢ | -١١ | ١ | ١١ | |
| | شباط | -١٠ | ١ | ١٠ | |
| | آذار | -٦,٥ | ٠,٥ | ٣,٢٥ | |
| | | المجموع الفصلي | | (-) ٣٧,٦٥ | ٦٠ |

| | |
|---|---|
| مجموع الفصول الحارة (حار جاف + دافىء رطب) | ٤٠ |
| مجموع الفصول الجافة (حار جاف + بارد جاف) | ٧٣,٥ |

وتبين النتيجة اذا أخذت على انفراد، أن الفصل البارد هو الأهم في التصميم الحراري. إنه أهم من الفصلين الحارين معاً، وعلى كل حال، حين تكون حلول التصميم مشابهة للمناخات الحارة الجافة والباردة الجافة، فان سيطرته المسبقة على الفصل الدافىء الرطب تكون أوضح.

وبالاعتماد على هذه التحاليل يمكن تكوين مقاييس تصميمية للمناخ المركب.

٧,٣,٥ الشكل والتخطيط

إن للبيوت المجمعة تجميعاً متوسطاً للداخل ميزات على طوال السنة. المباني ذات الساحات الداخلية مناسبة تماماً. ويجب تجميع المباني بطريقة تسمح بالاستفادة من النسيم السائد في الفترة القصيرة عندما تكون حركة الهواء ضرورية. إن الكثافة المتوسطة، والمباني قليلة الارتفاع مناسبة لهذه المناخات حيث تؤكد الحماية للساحات الخارجية، والظلال المتبادلة للحوائط الخارجية، والحماية من الهواء في الفصل البارد، والحماية من الغبار وتقليل تعرض الأسطح لأشعة الشمس.

وتُعَدُّ المباني ذات الغرف المخصصة للاستعمال ليلا والغرف الخاصة للاستعمال نهاراً، التي اقترحت للمناطق الحارة الجافة، صالحة للاستعمال في المناخات المركبة، ما عدا أنها سوف تستعمل في الشهور الأكثر حرارة. إن تظليل الجدران مرغوب فيه، ولكنه ليس أمراً حرجاً. إن استعمال السقف المزدوج غير وارد هنا، إلا إذا كان السطح ذا معامل انتقال حراري ضعيف وذا سعة حرارية جيدة. إن الحمل الحراري للأسطح في الفصلين الحار الجاف والبارد ينخفض بانتقال الأشعة إلى السماء الصافية. ومهما يكن من أمر فان الفتحات الخارجية، بحاجة إلى تظليل في الفترات الحارة الدافئة.

٧,٣,٦ الساحات الخارجية

وتحتاج الساحات الخارجية المعدة للمعيشة (الأفنية مثلا) إلى مظلات بارزة وبرندات، في أثناء الفصل الدافىء والرطب، وذلك لتقليل أبهار السماء وأبعاد الامطار والتظليل، ويمكنها أيضاً أن تكون نافعة في الفصول الجافة. إن لكاسرات الشمس والأباجورات وغيرها مما يستعمل لحماية الفتحات في الفترة الحارة الجافة، ميزات وفوائد في الفصل الماطر، الأمر الذي ينفع في حماية الفتحة من الأمطار والرذاذ المحمول من الرياح. ويفضل لهذه

النبائط أو الكاسرات أن تكون ذات سعة حرارية قليلة. أما في الفصل البارد، عندما يكون الكسب الحراري مرغوباً فيه، فإن جميع عناصر الظلال تصبح مرغوباً عنها.

وفي الفصول الجافة تكون حماية الحدائق الطبيعية حول المبنى ضرورية وذلك برفع حوائط من حولها لحمايتها من الغبار والرياح الحارة رغم أن هذه الحوائط ليست ذات فوائد كبيرة في الفصل الرطب.

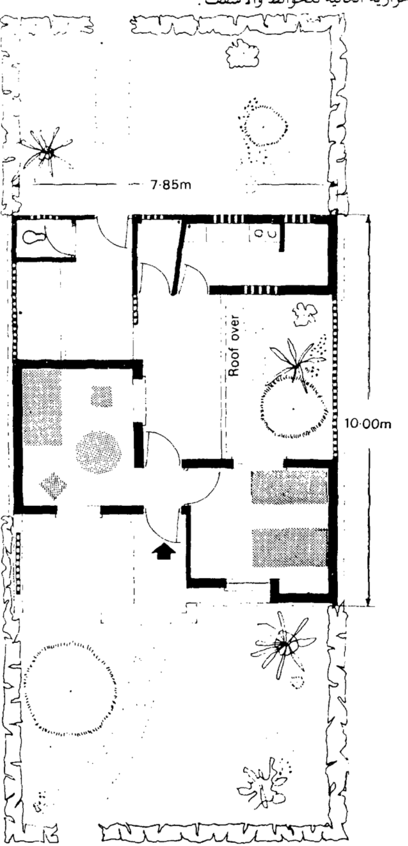
ويساعد تساقط الأمطار الكثيفة في المحافظة على بقاء الاخضرار حول المباني، مما يؤدي إلى تقليل الغبار. ويعتبر الفناء (Courtyard) أفضل ساحة خارجية طوال العام، لأنها تمنع الرياح وتصطاد الشمس. ويجب تصميمها بطريقة تسمح بدخول الشمس في أشهر الشتاء، ولكنها تنفع في التظليل في الفصل الحار. وتكون الأشجار متساقطة الأوراق مفيدة في هذا المجال. يمكن للفناءات أن تغطى بعريشة (برجولة) مغطاة بأشجار متساقطة الأوراق. إن هذه الأشجار تلقي بالظلال في الفصل الحار ولكنها تسمح للشمس بالدخول في الشتاء. إن المبنى الموضح في الشكل ١٥٧ ذو ساحات خارجية مختلفة، بعضها مغطى وبعضها الآخر مفتوح.

**٧,٣,٧ الأسطح والحوائط**

إن احتفاظ الحوائط بدرجة حرارة قليلة في اثناء الليل مرغوب فيه في الفصل الحار الجاف فقط ولكن الخواص الحرارية نفسها ستكون مفيدة في الفصل البارد لحجز حرارة النهار إلى الليالي الباردة غير المريحة.

ولذلك يجب إنشاء الأسطح والحوائط الخارجية من الحجر أو الطوب المصمت أو الخرسانة، حيث يجب أن يكون التخلف الزمني (Time - lag) في انتقال الحرارة ما بين ٩ ـ ١٢ ساعة. وإن للسعة الحرارية فوائد جمة في الفصلين البارد والحار. أما في الفصل الدافىء الرطب، فانه يفضل أن يكون الحائط والسقف بسعة حرارة قليلة. ولا تكون السعة الحرارية الكبيرة عديمة الفائدة، ما لم تعق حركة الهواء. ويكون أفضل ترتيب لذلك إذا كانت السعة الحرارية للأرضيات الكتلية، والقسامات والسقف، تسمح بفتح النوافذ المتسعة في الحوائط الخارجية.

ويجب وضع المواد العازلة المقاومة على الأسطح الخارجية للحوائط والسقف. لأنها اذا وضعت على الأسطح الداخلية تقلل جدوى السعة الحرارية العالية للحوائط والأسقف.




الشكل ١٥٧ : بيت حديث في شمال الهند

إن ميزة المباني ذات الارتفاع المنخفض هي الاتصال الكبير للحوائط بالأرض، حيث تصبح الأرض مخزناً حرارياً.

٧,٣,٨ معالجة الأسطح

من القواعد الأساسية أن تمنع الحرارة من التسرب إلى الأسطح الخارجية للحوائط والسقف. ويجب أن تكون الأسطح المعرضة للشمس ذات ألوان فاتحة أو معدناً لامعاً مصقولاً، وذلك طوال الفصلين الحار والدافىء.

أما في الفصل البارد، فان حرارة الشمس ضرورية لتحسين الراحة الداخلية، ولذلك فلا بد من وجود أسطح ماصة في الأماكن المظللة وأسطح مناسبة للفصول الحارة، يمكن ابتكار أسطح مختلفة، ولكن جغرافية الشمس تتحكم في ذلك.

مثال : في المنطقة المدارية الشمالية على مدار السرطان، تصل الشمس إلى الحوائط التي تواجه الجنوب للبرندات في المدة ما بين تشرين الأول وشباط، ولذلك، يجب أن تعمل من مواد عالية الامتصاص (للحرارة). وفي بعض هذه المواقع (حيث تكون العمالة رخيصة) يمكن طلاء الأسطح باللون الأبيض في بداية الفصل الدافىء وإعادة طلائها باللون الأسود قبل حلول الفصل البارد.

٧,٣,٩ الفتحات

إن توجيه الفتحات يحدده عاملان :

١ . اتجاه النسيم السائد في الفصل الدافىء الرطب، للانتفاع بتأثيره البارد.
٢ . اتجاه الشمس في الفصل البارد، للانتفاع بالتأثير الحراري الناتج من دخول الأشعة خلال النوافذ.

واذا كان المعاملان يؤديان إلى حلين متناقضين ، فان دليل الراحة (٧,٣,٤) يمكن أن يساعد في اتخاذ القرار النهائي.

إن النوافذ الواسعة في الحوائط المتعاكسة تُعَدُّ مناسبة، ويفضل تزويدها بأباجورات مصمتة، ويمكن أن تفتح عندما تكون التهوية العرضية ضرورية، في اثناء الفصل الدافىء الرطب، أو في التبريد المسائي في الفصل الحار الجاف. ويجب ألا تزيد مساحة هذه الفتحات، عن مساحة الحائط المصمت في الواجهة

نفسها. (أي : الحوائط التي تواجه الريح والتي تقابلها). وفي الحوائط المجاورة، يجب أن لا تزيد مساحة الشبابيك (ان وجدت) عن أكثر من ٢٥٪ من المساحة الكلية.

**٧.٣.١٠ التهوية والتكثيف**

بما أن المباني يتكرر قفلها لفترات طويلة، فان متطلبات التهوية يجب استيفاؤها خلال الفصل الحار الجاف من خلال تموين خاص (انظر ٤, ٣, ٤، ٤, ٣, ١٦ والشكل ٨٥). ويمكن عمل فتحتين صغيرتين، إحداهما على مستوى عالٍ والأخرى على مستوى منخفض، أو عمل مداخن تهوية لحل هذه المعضلة. فعندما يسخن الهواء الداخلي أكثر من الهواء الخارجي، في الفصل البارد، فان الهواء يتدفق خلالها عالياً. ويحدث العكس عندما تكون درجة حرارة الخارج أعلى منها في الداخل، مثل ما يحدث في النهار في الفصل الحار الجاف. يبين شكل (١٥٨) بعض مداخن التهوية التي تعمل كملاقف الهواء أيضاً.

وفي بعض المناسبات، في فترات الانتقال (أي من فصل الى آخر) يمكن أن يحدث التكثيف عندما يجتمع عاملان:

١. عندما تكون الرطوبة النسبية للهواء عالية.
٢. عندما تكون أسطح الحوائط أو السقف باردة بحيث تكفي لتبريد طبقة الهواء الملاصقة إلى ما دون درجة الندى.

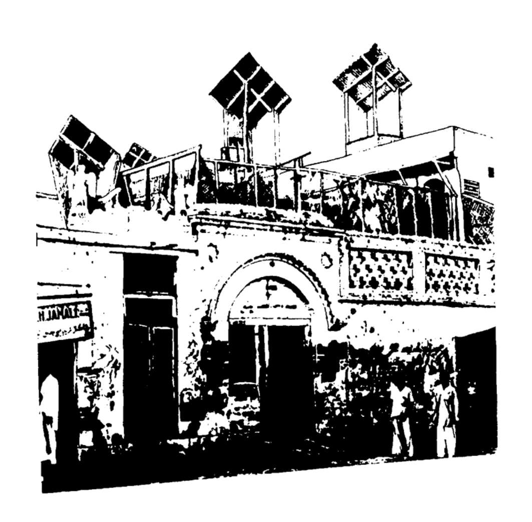
نادراً ما تحدث مثل هذه الظروف كلما اقتربت نهاية الفصل الماطر، عندما يكون محتوى رطوبة الهواء ما يزال مرتفعاً وعندما تنخفض درجة الحرارة في الليل فجأة. ويحتمل حدوث هذه الظاهرة بنسبة أكبر في بداية الفصل الماطر عندما يبرد الليل البارد الإنشاء، ويتبع ذلك تدفق مفاجىء للهواء الدافىء الرطب. وتحدث بشكل خاص في العناصر ذات السعة الحرارية العالية التي تحافظ على درجة حرارة منخفضة لمدة طويلة، وبذلك فان أسطحها يمكن أن تغطى بالبخار المتكثف.

وحيث أنه لا خطورة من الجليد، وأن ظروف المناخ التي تحدث التكثيف تستمر لمدة قصيرة، فلا خوف على الإنشاء من التلف. وبعكس طرق الحماية المتبعة في المناخات الباردة، فان أفضل حماية في المدارين تكون

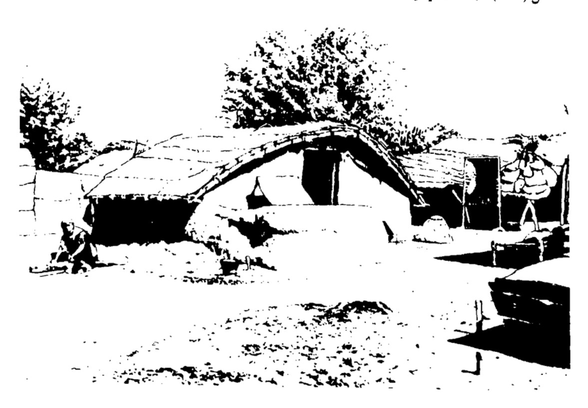
باستعمال مواد مسامية ماصة للرطوبة (مثل دهان ضد الرطوبة)، الذي يعمل كمصدر يمتص الرطوبة عندما يحدث التكثيف ويطلقها حالما يكون الهواء جافاً الى درجة كافية .

مناخ صحراوي ساحلي ذو فترة موسمية قصيرة وبذلك يمكن اعتباره مناخاً مركباً

الشكل (١٥٨) : ملاقف الهواء في حيدر أباد



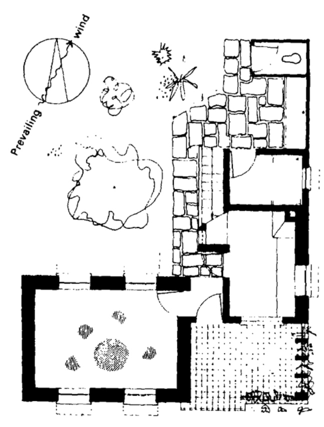
الشكل (١٥٩): بيت قروي في البنجاب

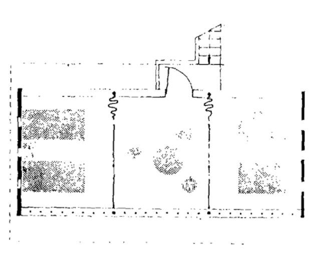


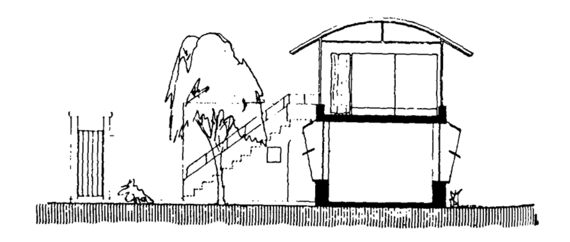
٧،٣،١١ المأوى التقليدي

تعتمد خصائص البيوت التقليدية في المناخ المركب في أي منطقة معينة على الظروف النسبية السائدة في أثناء السنة، كالحرارة والجفاف أو الدفء والرطوبة، (الشكل ١٥٩). تُعَدُّ البيت المعمول من الطين ذو الحوائط الكتلية (طين أو حجارة أو طوب) حلا معتاداً في هذه المناخات، وبه فتحات متسعة ذات أباجورات، وهي موزعة حول أفنية (Courtyards)، واذا وُجدَ طابق آخر فهو منشأ من مواد خفيفة. ويبرد هذا الطراز من البيوت سريعاً في أثناء الليل، ويهيىء ظروفاً مريحة تماماً للنوم في الفترات الحارة من السنة وفي مثل هذا البيت الهجين ينتقل مركز حياة العائلة بتغير فصول السنة (الشكل ١٦٠).

الشكل (١٦٠) : منزل رخيص التكاليف بغرف مختلفة لليل والنهار



## ٧,٤ مأوى للمناخات المدارية المرتفعة

٧,٤,١ طبيعة المناخ
٧,٤,٢ الأهداف الوظائفية
٧,٤,٣ الشكل والتخطيط
٧,٤,٤ الساحات الخارجية
٧,٤,٥ الأسطح والجدران
٧,٤,٦ معالجة الأسطح
٧,٤,٧ الفتحات
٧,٤,٨ المأوى التقليدي

---

**٧,٤,١ طبيعة المناخ**

يشبه هذا المناخ في كثير من جوانبه المناخ المركب أو الموسمي، بفصوله الماطرة المميزة. حيث تسوده أشعة الشمس القوية، ودرجة حرارة الهواء وفي حـالات كثيرة تتراوح ما بين معتدلة وباردة. ونادراً ما تصل درجة حرارة الهواء إلى ٣٠°م حتى في الأوقات الدافئة من السنة، ولكن التغير اليومي في درجات الحرارة يمكن أن يصل إلى ٢٠°م. وهنالك انخفاض ملموس في درجة حرارة المناخات المرتفعة كلما ابتعدنا عن المدار. وتكون الرطوبة مرتفعة وحركة الرياح ثابتة، تقريباً ولا تكون شديدة الهبوب.

**٧,٤,٢ الأهداف الوظائفية**

ولما كانت درجة حرارة الهواء نادراً (إذا حدثت) ما ترتفع عن حدود الراحة، فان سبب الحرارة الزائدة يكون أشعة الشمس فقط، وذلك عندما تسطع مباشرة على الجسم أو بتسخينها لغلاف المبنى. وتكون المساحات المزججة الزائدة مصدراً للحرارة الزائدة.

وتتم الحماية من هذه الحرارة الزائدة بالطرق التالية:

١. توفير وسائل التظليل الكافية، للنوافذ والمساحات المعدة للنشاطات الخارجية.

٢. بالحد من الحرارة التي تدخل المباني في الساعات التي تسطع فيها الشمس (العزل والقصور الحراري والألوان العاكسة).

٣. واذا ارتفعت درجة حرارة المبنى، أمكن تقليل ذلك بتزويد المبنى بالتهوية الكافية (تغير الهواء فقط للتبريد بالحمل وحركة هواء معقولة، أو بمعنى آخر، تبريد فسيولوجي غير ضروري).

وقد تحدث البرودة التي تسبب عدم الراحة ليلا، حتى في الفصل الدافىء. إن ملابس الناس تختلف بين النهار والليل. ويمكن تحصين المبنى ضد برودة الليل. بما يلي:

أ ) عمل محيط داخلي مقفل (أو قابل للقفل)

ب ) تخزين بعض حرارة الكسب من أشعة الشمس، لاعادة إشعاعها أو نشرها في الليل في الفترة الباردة.

جـ) إذا فشلت الطريقتان السابقتان في تحقيق الراحة الحرارية، فانه يمكن تزويد المبنى بكمية من الحرارة.

**٧،٤،٣ الشكل والتخطيط**

يجب أن يكون المسقط الأفقي للمبنى مدمجاً نوعاً ما، وهذا يساعد في الاستجابة لتغيرات الظروف الحرارية. ويقلل الكسب الحراري في النهار والفقد الحراري في الليل.

ويجب حماية الفتحات والشبابيك من أشعة الشمس. وتكون وحدات التحكم بأشعة الشمس، عادة، أكثر المظاهر وضوحاً في المبنى (الشكل ١٦١).

الشكل (١٦١): مبنى مكاتب في نيروبي

ويمكن أن يؤثر توجيه المبنى وفتحاته الرئيسية في كسب حرارة الشمس، ولهذا يجب أن ينظر إلى ذلك بعناية. إن الحوائط العمودية المواجهة للشمال والجنوب هي أقل الحوائط استقبالا لكمية الأشعة. ويكون الحائط الذي يستقبل أقل كمية من الأشعة هو ذلك الذي يعاكس اتجاه المدار، أي مواجهاً للشمال في الجزء الشمالي من الأرض، ومواجهاً للجنوب في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. الواجهات الشرقية، والجنوبية الغربية والشمالية الشرقية تستقبل تقريباً كمية الاشعاع نفسها، ويستقبل الحائط الغربي أكبر كمية من الاشعاع. ويوضح المخطط (الشكل ١٦٢). الكمية الكلية السنوية من حرارة الشمس المكتسبة التي تستقبلها الحوائط بالاتجاهات المختلفة، على مقياس مقارن، لمدينة نيروبي. وهو مشابه لمواقع أخرى على خط الاستواء.

واعتماداً على هذه الأسس، وباستعمال مسقط أفقي مستطيل الشكل، يجب أن تواجه الحوائط الطويلة الشمال والجنوب، ويجب وضع الفتحات الرئيسية على هذين الحائطين. إن النوافذ المواجهة للشرق تسمح بدخول الشمس، في الأوقات التي تكون فيها درجة حرارة الهواء ما زالت منخفضة وحسب. ويجب تجنب الفتحات المواجهة للغرب، ما كان ذلك ممكناً، حيث يتوافق الكسب الحراري لهذه النوافذ مع درجات حرارة الهواء القصوى.

ويقلل هذا التوزيع من أشعة الشمس الساقطة كما يقلل من عمل (ويقلل التكاليف) نبائط التظليل، حيث يمكن تظليل النوافذ المواجهة للشمال والجنوب بوسائل بسيطة.

٧,٤,٤ الساحات

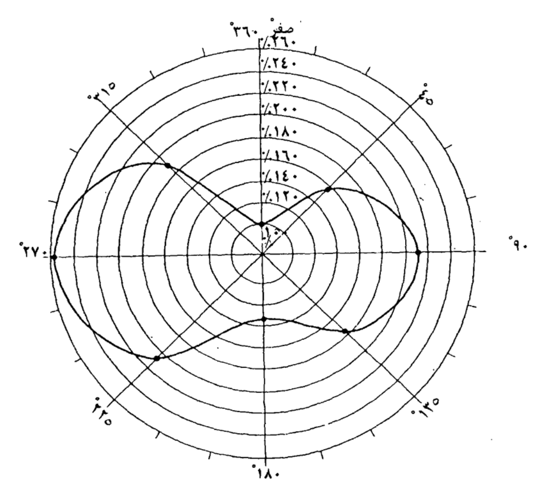
يجب تزويد الساحات الخارجية بظلال وذلك لأن:

أ ) هنالك نشاطات كثيرة تحدث في الخارج في جميع المناخات الدافئة.

ب ) والأشعة القوية تسبب حرارة غير مريحة، حتى بوجود هواء ذي درجة حرارة غير مرتفعة.

, يمكن تزويد الساحات الخارجية بالظلال من المبنى نفسه وبالعرائش والرفاريف والنبتات.

الشكل (١٦٢) : قيمة الكسب الحراري النسبي في الاتجاهات المختلفة (نيروبي)




وتكون الشمس مميزة، في الفترة الباردة من السنة، في الساحات الخارجية. وهذا يفسح المجال أمام المصمم :

١ . تزويد الساحات الخارجية ببعض نبائط التظليل القابلة للتعديل والمعايرة (adjustable).

٢ . عمل ساحات خارجية متبادلة لاستعمالها في الفصول المختلفة. بحيث تكون مظللة في الفترات الحارة ومكشوفة، ومحمية من الرياح في الفترات الباردة من السنة.

ويمكن تحقيق الأولى باستعمال بعض الأشرعة المصنوعة من القماش على شكل كابولي أو مثبتة على عريشة أو هياكل أو نحو ذلك. إن عمل وحدات معقدة مكلفة يكون ممنوعاً في معظم الحالات.

وقد يكون الترتيب الثاني تبديداً للفراغ، إلى جانب المساحة الخارجية، ولكن، عندما لا يكون الفراغ مهما، فان ذلك يجعله أنسب للسكنى من الناحية الاقتصادية.

وفي بعض الأحوال، يمكن تظليل الفراغ نفسه في الفصول المختلفة من السنة، ولحسن الحظ يتوافق ذلك مع متطلبات التظليل. وعلى سبيل المثال، إذا كانت الأشهر تموز وآب (في نصف الكرة الجنوبي) هي أكثر الأشهر برودة (كما هو الحال في معظم المناطق المدارية العالية)، في المناطق الاستوائية، فان الشمس في هذه الفترة تكون في الجزء الشمالي من السماء، ولهذا فان فراغاً في الجزءالشمالي من المبنى يستقبل أشعة الشمس ويكون الفراغ نفسه مظللاً بالمبنى نفسه في الفترة الحارة من السنة (ت ١ ـ ك ١) عندما تكون الشمس في الجزء الجنوبي من السماء.

**٧،٤،٥ الأسطح والحوائط**

الليالي باردة، والأشعة الشمسية تسبب حرارة زائدة في المباني في اثناء النهار ولذلك يكون الهدف في المباني المشغولة باستمرار باتجاهين هما:

١. تقليل الحرارة الداخلة في ساعات الشمس المشرقة.
٢. وتخزين بعض الحرارة، وإعادة انتشارها في الفترة الباردة.

ويمكن تحقيق الهدفين باستعمال انشاء ذي سعة حرارية عالية. وينصح باستعمال انشاءات ذات زمن تخلف (time - lag) يساوي ٨ ساعات. حيث يسمح ذلك بدخول أعلى درجة حرارة ما بين الساعة ٢٠ الى ٢١، عندما تبلغ الحاجة اليها، حدها الأعلى، وقبل أن يذهب الساكن للنوم (بلاطة خرسانية مصمتة سماكتها ٢٠٠مم، ومدة ميلان أو مدة فوق السطح بسماكة ١٥سم، مع مادة عازلة، يمكن أن يعطي هذا الأداء).

ويكون السقف من أهم العناصر؛ إذ إنّه يستقبل أكبر كمية من الاشعاعات، ويجب أن يكون الحائطان الشرقي والغربي بشكل خاص، كتلتين. ولما كانت الحوائط الشمالية والجنوبية لا تستقبل أشعة كثيرة، فانها يمكن أن تكون من إنشاءات خفيفة.

أما المباني التي تشغل في النهار فقط دون الليل فالمطلوب تحقيق الهدف

الأول فقط من الهدفين المشار إليهما أعلاه، وفي مثل هذه الحالة يمكن استعمال مواد ذات سعة حرارية منخفضة فاذا ما كان مقدار التخلف الزمني ٥ ساعات، فان ذلك يؤدي إلى وجود أعلى كسب حراري في الساعة ١٧ و ١٨، حيث تتعدى ذلك ساعات العمل العادية، وبهذا يكون استعمال انشاءات خفيفة للجدران كافياً، وخصوصاً في المباني متعددة الطبقات، بشرط أن تكون معزولة جيداً وتكون النوافذ مظللة.

٧،٤،٦ معالجة الأسطح

وتكون الأسطح العاكسة مفيدة في تقليل الحمل الحراري. وتكون الأسطح البيضاء أو المعدنية اللامعة ذات فائدة كبيرة للمباني التي تشغل في النهار فقط. أما في المباني المشغولة ليلا ونهاراً، فقد يرغب في دخول حرارة الشمس إلى الحوائط - لتخزين هذه الحرارة لليل. لذلك، فان الأسطح القاتمة، الماصة قد تكون أكثر ملاءمة. ويجب أن يقتصر استعمال ذلك في المباني ذات السعة الحرارية العالية فقط. وعندما يكون استعمال مثل هذا التخزين الحراري غير ممكن عند استعمال إنشاءات خفيفة لسبب ما، فعلى الأسطح أن تكون ذات ألوان فاتحة وعاكسة.

ويجب الاعتناء بأسطح الأسقف (خصوصاً إذا كانت مستوية)؛ إذْ إن الأسطح المستوية تستقبل كمية من أشعة الشمس أكثر بكثير من الأسطح العمودية. إن استعمال سقف من بلاطة خرسانية مصمتة لها تخلف زمني (time lag) - مقداره ٨ ساعات يمكن أن يكون منظماً للحرارة. وإن استعمال القار الأسود أو الاسفلت لكسوة السطح يمكن أن يخدم هذا الهدف بامتصاص معظم حرارة الشمس في النهار لتطلقها بعد غروب الشمس. أما باستعمال الأسقف الخفيفة (باستعمال الأخشاب أو المعادن المائلة) فانه يفضل، من ناحية العزل، تجنب استعمال أسطح ماصّة. فاذا استعمل اللباد المشبع بالقار، وجب أن تدهن الطبقة العليا برقائق الالمنيوم. وكبديل لذلك، يمكن استعمال شرائح من الرخام الأبيض كمادة إنهاء فوق القار أو الاسفلت. ويؤدي هذا إلى تقليل الامتصاص عندما يكون حديثاً، ولكن عندما يصبح متسخاً فان كثيراً من انعكاسيته يقل. ويفضل هنا استعمال الأسطح التي تنظف تلقائياً.

إن الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس تزداد في المناطق المرتفعة عما يكون على مستوى البحر. وقد تتلف هذه الاشعاعات بعض المواد وتحلل بعض المـواد المركبة (كالبلمر (polymer) . ولهذا يجب استعمال المواد المختبرة جيداً فقط .

٧,٤,٧ الفتحات

وبما أن درجة حرارة الهواء نادراً (اذا وصلت) ما تصل الى الحد العلوي من منطقة الراحة، فلا حاجة للتبريد الفسيولوجي (تبريد الجسم)، باستعمـال حركـة الهـواء، ولا حاجـة للتهوية العرضية (cross ventilation) ، طالما أن معضلة التحكم بالشمس محلولة الى حدٍ كافٍ. ولكن عندما تسبب الشمس حرارة زائدة، فان التهوية العرضية قد تسبب بعض الراحة ولكنها في معظم الأحيان تساعد الاحساس بعدم الراحة.

ويجب تزويد الأبـواب والشبابيك بطرق لقفلها؛ إذْ إنّه إذا لم يتحقق ذلك، فانه لا تكون هنالك حاجة للسماح للهواء والنسيم البارد، ولا تكون هنالك رياح قوية لتجنبها، ولا حاجة لأخذ اتجاه الرياح في الحسبان عند توجيه الفتحـات. ويكون الكسب الحراري من أشعة الشمس هو العامل الوحيد الذي يتحكم بتوجيه النوافذ كما هو موضح في ٧,٤,٣ (وأيضاً بعض العوامل الاضافية، مثل المظهر والموقع).

إن اتساع الفتحات يكون محكوماً بعوامل غير حرارية. ومن وجهة النظر الحـرارية فانـه كلما قلت مسـاحـة النـافذة، كان التحكم أفضل. وللتهوية والاضاءة النهارية، في معظم الأحيان، يمكن استعمال شباك أو شبابيك تقدر مساحتها ٢٠٪ من مساحة الواجهة فهي كافية.

٧,٤,٨ المأوى التقليدي

إنّ المأوى التقليدي القروي في هذه المناطق هو الكوخ الدائـري، ذو الحوائط المنشأة من الطين والقصب والسقف منشأ من القش. تتكون الحوائط من دعامات تصل إلى الأرض على شكل دائري مربوطـة بشكـل أفقي بواسطة أغصـان وفروع مترابطة لتشكل ما يشبه السلة. ويقصر الجميع بالطين على شكل طبقات تصل سماكتها في العادة ٢٥ر. م، وبذلك توفر سعة حرارية كبيرة (الشكل ١٦٣). كما يستعمل الطين والدعامات الخشبية في السقف في بعض المناطق ولهذا أيضاً سعة حرارية عالية (الشكل ١٦٤).

وفي المناطق الحضرية، عندما يتوافر الحجر، يمكن للمرء أن يشاهد الحوائط الحجرية والأسقف الاردوازية (مثل القرميد). وقد تكون الأسقف من القش أو الخشب المقصور بالطين. وتكون الفتحات صغيرة في الغالب.

الشكل (١٦٣): بيت قروي بالقرب من نيروبي



الشكل (١٦٤): بيت مائي في تنزانيا






# أهداف التصميم

٨,١ مرحلة التحليلات المتقدمة

٨,٢ مرحلة تطوير المسقط الأفقي

٨,٣ مرحلة تصميم العنصر

٨,٤ النماذج والمناظرة

## ٨,١ مرحلة التحليلات المتقدمــة

- ٨,١,١ عملية التصميم
- ٨,١,٢ أهداف التحليلات
- ٨,١,٣ تحويل المعلومات
- ٨,١,٤ معطيات المنــاخ
- ٨,١,٥ جـداول الماهونـي
- ٨,١,٦ درجـة الحــرارة
- ٨,١,٧ الرطوبة والمطر والرياح
- ٨,١,٨ التشخيص
- ٨,١,٩ المؤشــرات
- ٨,١,١٠ المواصفـات
- ٨,١,١١ البنود المضخمـة
- ٨,١,١٢ الخلاصــــة
- ٨,١,١٣ التحكم الميكانيكي

---

٨,١,١ عملية التصميم

لقد جـــرت محاولات من عدة باحثين ونظريين لانشاء مخطط أو رسم بياني أو نمـوذج لعملية التصميم [101، 102 ]. ويمكن أن تكون الموديلات المقترحة المجسمة على شكل رسومات بيانية أو منقحة بشكل عال ومعقدة، ويمكن أن تكـون مشتقـة من مشاهدات، وربما بنيت بطريقة نظرية مثالية تفترض العملية كما يجب أن تكون. كل نموذج بشكل أو بآخر مثير للجدل. وفي جميع النماذج هنالك ثلاثة مصطلحات تحدث :

تحليل - تركيب - تقييـــم

وهي تعني إما مرحلة متميزة أو نوعاً من النشاط في عملية التصميم، وكثير ما اقترح التكرار الدائري لهذه المراحل الثلاثة :

وبدون إبداء الرأي في هذا الجدل، فان المصطلحات الثلاثة السابقة تعتبر مقبولة ومستعملة هنا، على أنها نوع من وصف النشاط .

وفيما يتعلق بتأثيرات المناخ على تصميم المبنى، فان تمييز المراحل الثلاثة يُعَدُّ ضرورياً. إن هذه العناصر لا تعين عملية كاملة أو مستمرة للتصميم، ولكنها تشير إلى المراحل التي يجب أن ينظر فيها إلى عوامل المناخ وضمها إلى العوامل الأخرى :

أ ) التحليلات المتقدّمة، عمل تحليلي يتمخض عن صياغة حل ما للتصميم (مقارنة بالعمل التحليلي المطبق أو الموجه بافتراضات التصميم، الذي يمكن أن يصفها بالتحليلات العكسية). وفي هـذه المرحلة تجمع المعطيات، وتخزن وتعالج، من أجل أن تجمع وتقدم جميع المعلومات الضرورية من أجل تركيب حل منهجي.

ب ) تطوير المسقط الافقي، ويبدأ بعد الفكرة الأساسية، أو بعد إنتاج نظرية تصميمية. وتحتوي هذه المرحلة النشاطات الثلاثة المختلفة: وقد يظهر التقييم الحاجة إلى مزيد من التحليلات، التي تحتاج بدورها إلى تركيب منقح.

جـ) تصميم العنصر، وهذا يتبع اتخاذ قرار تصميمي رئيسي، بعد قبـول التصميم بشكل مرضٍ كلياً. ويمكن كذلك استخـدام النشاطات الثـلاثـة مجتمعة وهي : التحليل، والتركيب والتقييم، مـع اختلاف معـالجـة عنصر واحد في كل مرة.مع دراسته ضمن المضمون العـام للتصميم.

وتبعاً لتوافق الأهداف المختلفة التي ستوصف في هذا الجزء فانها تنقسم الى قسمين :

١ . أدوات التصميم، التي تستعمل في مرحلة التحليلات المتقدمة، أو في أي خطوة باتجاه إنتاج حلول منهجية.
٢ . أدوات التدقيق، في التقييم، لمساعدة أداء أي حل تم التوصل اليه.

٨,١,٢ هدف التحليلات

لابد من إيجـاد حل تصميمي في مرحلة التركيب، يرضـي النواحي النفسية والاجتماعية والـوظيفية، كما يرضي المتـطلبـات الفيزيائية والعضوية واحتياجـات السكـان ضمن معـطيات طبـوغرافية الأرض والمناخ والأحوال

الاقتصادية. ويجب أن يكون الحل صحيحاً من ناحية انشائية ومناسباً من ناحية بنائية (مواد وتركيب وتفاصيل) ويجب أن يتمشى مع محتوى التخطيط العام. يجب أن تراعى هذه المعضلات كلها في الوقت نفسه؛ إذ يستحيل تأسيس جدولْ أولويات وجدول أعمال متوالية.

إنّ المعضلة في مرحلة التحليلات المتقدمة هي جمع المعلومات المتعلقة وتسجيل الحقائق المحصورة، بدون تقييد حرية المصمم وبدون إلحاق الضرر بالحل المنوى إنتاجه في عملية التركيب. يجب جمع المعلومات، بتصنيفها واخراجها إلى المصمم (او للإنسان نفسه) قبل خطوة التركيب ـ إلى إنتاج المخطط المبدئي أو مسودة المخطط.

٨،١،٣ المعلومات

ويجب على المصمم، في مرحلة التركيب، مراعاة مجموعة كبيرة من العوامل في الوقت نفسه، ونظراً لأن إمكانات العقل محدودة، لذلك كان ضرورياً تقديم المعلومات بشكل جاهز وشامل. ويجب ألا تكون هذه المعلومات ذات تفاصيل دقيقة للغاية، ولكن يجب أن تؤخذ في الاعتبار جميع العناصر ذات العلاقة. إن المعضلة هي تحويل المعلومات. إن هذه الكمية من المعلومات هي ناتج مرحلة التحليلات المتقدمة ويمكن تحويلها إلى أحد الأشكال الثلاثة التالية:

أ ) معطيات مثل مواد خام، منظمة بشكل متسلسل.
ب) مواصفات الأداء.
جـ) قرارات تصميم.

ويصعب تذكار البند الأول عندما تأتي مرحلة التركيب. ويجب استعمال البند الأخير فقط عندما يكون هنالك إمكانية عزل متغير معين، عندما يتم استعراض جميع العوامل التي تؤثر على قرار معين وعندما لا يكون هنالك عوامل تؤثر على القرار في المستقبل. ربما كانت مواصفات الأداء هي أفضل الاشكال، لأنها دقيقة بما فيه الكفاية بدون أن تضر مرحلة التركيب. وفي بعض الأحيان يمكن أن تكون هنالك صعوبة في الربط بين قرارات التصميم العريضة أو المجملة وبين مواصفات الأداء. وكلاهما جزءان من الكمية المتسلسلة نفسها.

وهذا ما سنوضحه في الأجزاء التالية من هذا الهيكل النظري.

وفي هذا الجزء تم التعامل مع عوامل المناخ فقط ولكن الطريقة يمكن أن تكون مناسبة في العوامل الأخرى.

٨,١,٤ معطيات المناخ

تنشر محطات الأرصاد الجوية كميات كبيرة من المعلومات وتوضع هذه المحطات في أماكن مختارة بحيث لا تتأثر قراءاتها بمظاهر الطبوغرافية (٢ , ٤ , ١ وما بعدها). وما لم تكن القيم مهمّة وما لم يسمح التوقيت للمشروع بتأسيس ملاحظات عن الموقع (أي معلومات أقل من سنة يمكن أن تكون بدون جدوى)، فان على المصمم أن يقبل المعطيات من أقرب محطة أرصاد جوية كوصف لمناخ الإقليم ونادراً ما يكون انحراف المناخ عن هذه المعطيات كبيراً بما فيه الكفاية وبحيث يؤثر في التصميم المبدئي. واذا وجدت مظاهر مهمّة امكن ملاحظتها والسماح لها بشكل جاهز، وأما الانحرافات الطفيفة فيمكن علاجها في مرحلة متأخرة، في مرحلة تصميم العناصر.

وعلى المهندس الانشائي أن يؤسس تصميمه على الظروف القصوى. ولكن المعماري يؤسس التصميم المتعلق بالمناخ استناداً إلى ظروف نمطية أو عادية. وتعتمد هذه الظروف الطبيعية على معدل القيم الشهرية الدنيا والقصوى (انظر ٣ , ٢ , ١).

٨,١,٥ جداول الماهوني

عندما تظهر نماذج المناخ من المعلومات الواضحة المتعلقة بالمناخ الدافىء الرطب أو الحار الجاف (٣ , ٣ , ١ ، ٥ , ٣ , ١)، فان الوصول الى مواصفات أداء يصبح سهلاً. وفي المناخات المركبة تتناقص المتطلبات الفصلية. وفي هذه الحالة يجب استعمال نظام وزن لتقييم أهم المتطلبات المتناقضة النسبية. وهنا لا بد من مراعاة مدة التعرض وقسوة العوامل المناخية المختلفة.

اعتماداً على مثل هذا النظام، فقد توصل ماهوني (C Mahoney) ★ إلى مجموعة من الجداول. يستعمل الجدول رقم «١» لتسجيل أهم معطيات المناخ

---

★ نشرت أولاً من قبل مركز الأمم المتحدة للاسكان، التخطيط والمباني، في تصميم البيت والمأوى كجزء من مجموعة من اتجاه تصميم البيت. والسماح من المركز لتضمين مثل هذه الجداول في هذا الجزء جدير بالشكر والتقدير.

الأساسية، ولتوجيه وتعريف امتداد معطيات المناخ المكثفة. ويسهل الجدول رقم ٢ في تشخيص المناخ وتطوير مجموعة من مؤشرات المناخ. ويترجمها الجدول رقم ٣ إلى مواصفات أداء أو تصميمات مبدئية كروكيات على شكل توصيات.

وعلى الرغم من تطوير هذه الجداول لتناسب المناخات المركبة، فانه يمكن استعمالها لتشخيص أي مناخ. وقد وضعت هذه الجداول في الفقرات التالية خطوة خطوة وقد وردت المجموعة الكاملة من هذه الجداول في الملحق ١١.

ويمكن اعادة انتاجه للاستعمال في الحياة العملية.

الشكل (١٦٥): جدول ماهوني رقم ١ ـ الجزء الأول (قد اكملت لمدينة بغداد)

جدول ١

| | |
|---|---|
| الموقع | بغداد ـ العراق |
| خط عرض | ٢٤ °٤٤ ـ شرق |
| خط طول | ٢٠ °٣٣ ـ شمال |
| الارتفاع | ٣٤ م (عن سطح البحر) |

| | |
|---|---|
| Location | Baghdad, Iraq |
| Longitude | 44°24′ E |
| Latitude | 33°20′ N |
| Altitude | 34 m |

Air temperature: °C
درجة حرارة الهواء

| المعدل الأقصى الشهري | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | High عليا | AMT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Monthly mean max. | ١٦ | ١٨,٥ | ٢٢ | ٢٩ | ٣٦ | ٤١ | ٤٣,٥ | ٤٣,٥ | ٤٠ | ٣٤ | ٢٤,٥ | ١٧,٥ | ٤٣,٥ | ٢٣,٥ |
| Monthly mean min | ٤ | ٥,٥ | ٩ | ١٤,٥ | ٢٠ | ٢٣,٥ | ٢٥,٥ | ٢٤,٥ | ٢١ | ١٦ | ١٠,٥ | ٥ | ٤ | ٣٩,٥ |
| Monthly mean range | ١٢ | ١٣ | ١٣ | ١٤ | ١٦ | ١٧,٥ | ١٨ | ١٨ | ١٩ | ١٨ | ١٤ | ١٢,٥ | Low صغرى | AMR |

٨،١،٦ يستعمـل الجـدول «١» لتجميع درجـات الحـرارة والـرطوبة وتساقط
درجات الحرارة الأمطـــار ومعطيات الرياح. ويبين الشكل ١٦٥ جزء درجات الحرارة من هذا الجدول رقم ١. وبعد ملء عنوان الجدول (الموقع والتعريف) يملأ كالتالي:

١. من تسجيلات الأرصـاد الجـوية أدخل قيم معدل درجات حرارة الهواء القصوى والدنيا في أول سطرين. يجب تقريب جميع القيم إلى أقرب رقم عشري.

٢. جد الحد الأوسط لكل شهر بطرح القيم الدنيا من القيم القصوى (السطر الثاني من السطر الأول) ثم ادخل هذه القيم في السطر الثالث.

٣. ادخل في المستطيل الجانبي المنفصل أقصى قيمة وأدنى قيمة من القيم الاثنتي عشرة بالترتيب.

٤. بعـد جمع هاتـين القيمتين وقسمتها على ٢، جد معدل درجات الحرارة السنوي وادخل هذه القيمة في المستطيل المعلم AMT.

٥. بعد ايجاد الاختلاف بين هاتين القيمتين (يطرح المعدل الأقل من المعدل الأعلى) جد معدل الحد السنوي ثم ادخل ذلك في المستطيل المعلم AMP

الشكل (١٦٦): جدول ماهوني رقم ١ الجزء الثاني

Relative humidity: % الرطوبة النسبية

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معدل القصوى الشهري صباحا Monthly mean max. a.m. | ٨٧ | ٧٨ | ٧٤ | ٦٨ | ٤٦ | ٣٤ | ٣٢ | ٣٢ | ٣٨ | ٥٠ | ٦٧ | ٨٩ |
| معدل الدنيا الشهري مساء Monthly mean min. p.m. | ٥٠ | ٤١ | ٣٥ | ٢٧ | ١٨ | ١٣ | ١٢ | ١٣ | ١٥ | ٢١ | ٣٩ | ٥١ |
| Average معدل | ٦٨,٥ | ٥٩,٥ | ٥٤,٥ | ٤٧,٥ | ٣٢ | ٢٣,٥ | ٢٢ | ٢٣,٥ | ٢٦,٥ | ٣٥,٥ | ٥٣ | ٧٠ |
| Humidity group مجموعة الرطوبة | ٣ | ٣ | ٣ | ٢ | ٢ | ١ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ٣ | ٣ |

| | | |
|---|---|---|
| مجموعة الرطوبة ١ | اذا كان معدل RH | : اقل من ٣٠٪ |
| ٢ | | ٣٠٪ - ٥٠٪ |
| ٣ | | ٥٠٪ - ٧٠٪ |
| ٤ | | فوق ٧٠٪ |

Rain and wind الرياح والمطر

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rainfall, mm تساقط الأمطار ٣٠٢ | ٢٤ | ٢٥ | ٢٨ | ١٥ | ٧ | صفر | صفر | صفر | صفر | ٣ | ٢٢ | ٢٦ | ١٥٠ مجموع Total |
| Wind, prevailing الرياح السائدة | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | NW. | |
| Wind, secondary الرياح الثانوية | SE. | SE. | N | N | N | N | N&W | N | N | N | N | SE | |
| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |

**يبين الشكل الرطوبة والمطر والرياح (١٦٦) النصف الثاني من الجدول (١). يملأ كالتالي :**

٨،١،٧ الرطوبة والمطر والرياح

أ ) من تسجيلات الأرصاد الجوية ادخل معدل الرطوبة النسبية القصوى الشهرية (قراءات الصباح المبكرة) والدنيا (قراءات بعد الظهر المبكرة) في السطرين الأولين.

ب ) جد معدل الرطوبة لكل شهر بجمع القيمتين العلويتين وقسّمهما على اثنين. ادخل هذه المعدلات في السطر الثالث.

جـ ) كون مجموعات الرطوبة لكل شهر (١، ٢، ٣، أو ٤) تبعاً للتصنيفات التاليـــة :

معدل الرطوبة النسبية : أقل من ٣٠٪ = مجموعة ١
٣٠٪ - ٥٠٪ = مجموعة ٢
٥٠٪ - ٧٠٪ = مجموعة ٣
فوق ٧٠٪ = مجموعة ٤

أدخل هذه القيم في السطر الرابع

د ) أدخل قيم معدل تساقط الأمطار الشهري (بالملمتر) في السطر الخامس اجمع القيم الاثنتي عشرة وجد مجموع تساقط الأمطار السنوي ثم ادخل هذه القيمة في المستطيل المنفصل في نهاية السطر.

هـ ) ادخل في السطرين الأخيرين اتجاهات الرياح السائدة والثانوية لكل شهر، على أسس القيم القصوى في جداول أو أشكال دورات الرياح المنشورة (يجب التفريق بين ١٦ نقطة محيطية، اذا وجدت، أي الشمال وشمال الشمال الشرقي، شرق الشمال الشرقي، الشرق... الخ).

٨،١،٨ التشخيص

يخدم الجدول (٢) أهداف التشخيص. ويبين الشكل (١٦٧) النصف الأول من الجدول والخطوات المتبعة كما يلي :

١ . أدخل في السطر الأول والرابع معدل درجات الحرارة الشهرية الأدنى والأقصى من الجدول (١) .

٢ . أوجد حد الراحة الأعلى والأدنى للنهار والليل لكل شهر اعتماداً على المخطط الموضّح في الجزء العلوي من الشكل (١٦٧)، كما هو معرف بمعدل درجات الحرارة السنوي ومجموعة الرطوبة لكل شهر. ادخل هذه القيم في الأسطر ٢ ، ٣ ، ٥ ، ٦ بالترتيب.

٣ . قارن بين حدود الراحة في النهار بالمعدل الأقصى وحدود الراحة في الليل بالمعدل الأدنى وأسس طبيعة الاجهاد الحراري وذلك بادخال الرموز التالية في السطرين الآخرين :

| | |
|---|---|
| H(hot) | اذا كان المعدل اعلى من الحد |
| O(comfort) | اذا كان المعدل ضمن الحدود |
| C(cold) | اذا كان المعدل اقل من الحد |

٨,١,٩ المؤشرات

إن بعض مجموعات العلامات (طبيعة الاجهاد الحراري بعض خواص المناخ واستمرارية الاثنين) تشير إلى الأجراء الاصلاحي الذي يمكن للمصمم أن يأخذه. وقد طورت الطريقة باستعمال ستة مؤشرات (ثلاثة مؤشرات للرطوبة : H1, 2, 3 وثلاثة مؤشرات للجفاف : A1, 2, 3 ) كما هو موضح أسفل الجدول (٢) (الشكل ١٦٨).

ويلي ذلك التأكد من الجدول (٢) من معايير الاجهاد الحراري (ليلا ونهاراً) ومن الجدول (١) مجموعة الرطوبة، وتساقط الأمطار ومعدل حدود درجات الحرارة الشهري بالنسبة لتعريف المؤشرات، وضع إشارة في السطر المناسب حيث المعطيات الشهرية تناظر التعريف. ويبين في آخر عمود عدد الأشهر التي يطبق فيها كل مؤشر. (عدد الاشارات في كل سطر).

وتتبع الخطوات التالية :

أ ) انقل المؤشرات الكلية من الجدول ٢ الى السطر الأول من الجدول ٣.

ب ) حيث يقع المؤشر الكلي بين الحدود المعطاة في الجدول ٣، ضع إشارة بالنسبة لبند المواصفات في السطر نفسه.

جـ ) سوف يكون هنالك بند مواصفات واحد موصى به تحت كل من العناوين الثمانية. وهو أول ما يصل عدد المسح من اليسار إلى اليمين.

| Comfort limits | | AMT over 20°C Day | AMT over 20°C Night | AMT 15 20°C Day | AMT 15 20°C Night | AMT below 15°C Day | AMT below 15°C Night |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Humidity group | 1 | 26-34 | 17 25 | 23-32 | 14-23 | 21-30 | 12-21 |
| | 2 | 25 31 | 17 24 | 22 30 | 14-22 | 20 27 | 12-20 |
| | 3 | 23 29 | 17 23 | 21 28 | 14 21 | 19-26 | 12-19 |
| | 4 | 22 27 | 17 21 | 20 25 | 14 20 | 18 24 | 12 18 |

الشكل (١٦٧): جدول ماهيو ٢ – الجزء الاول

TABLE 2

| Diagnosis °C | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Monthly mean max | 16 | 18·5 | 22 | 29 | 36 | 41 | 43·5 | 43 5 | 40 | 34 | 24·5 | 17·5 | 23 5 AMT |
| Day comfort upper | 29 | 29 | 29 | 31 | 31 | 34 | 34 | 34 | 34 | 31 | 29 | 29 | |
| lower | 23 | 23 | 23 | 25 | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 23 | 23 | |
| Monthly mean min | 4 | 5 5 | 9 | 14·5 | 20 | 23 5 | 25·5 | 24·5 | 21 | 16 | 10·5 | 5 | |
| Night comfort upper | 23 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 23 | 23 | |
| lower | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | |
| Thermal stress day | C | C | C | O | H | H | H | H | H | H | O | C | |
| night | C | C | C | C | O | O | H | O | O | C | C | C | |

الشكل (١٦٨): جدول ماهيو ٢ – الجزء الثاني

| | | | | | | | | | | | | | | Totals |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Humid | H1 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | H2 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | H3 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Arid | A1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 12 |
| | A2 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | 5 |
| | A3 | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | ✓ | 4 |

| Meaning | Indicator | Applicable when: Thermal stress Day | Thermal stress Night | Rainfall | Humidity group | Monthly mean range |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Air movement essential | H1 | H | | | 4 | |
| | | H | | | 2 3 | Less than 10 |
| Air movement desirable | H2 | O | | | 4 | |
| Rain protection necessary | H3 | | | Over 200 mm | | |
| Thermal capacity necessary | A1 | | | | 1 2 3 | More than 10° |
| Out door sleeping desirable | A2 | | H | | 1 2 | |
| | | H | O | | 1 2 | More than 10° |
| Protection from cold | A3 | C | | | | |

الشكل (١٦٩): جدول ماهيو ٣

TABLE 3
Recommended specifications مواصفات موصى بها

| Indicator totals from table 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |
| صفر | صفر | صفر | ١٢ | ٥ | ٤ |

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | ✓ | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | **Layout الموقع** |
| | | | ٠-١٠ | | ٥-١٢ | | ١ | Orientation north and south (long axis east-west) اتجاه المحور الرئيسي باتجاه شمال وجنوب |
| | | | ١١، ١٢ | | ٠-٤ | ✓ | ٢ | Compact courtyard planning مسقط مضغوط حول ساحة |
| | | | | | | | | **Spacing الفراغات** |
| ١١، ١٢ | | | | | | | ٣ | Open spacing for breeze penetration فراغات مفتوحة لدخول النسيم |
| ٢-١٠ | | | | | | | ٤ | As 3, but protection from hot and cold wind حماية من الكهرباء والهواء البارد |
| ٠، ١ | | | | | | | ٥ | Compact lay-out of estates موقع مضغوط |
| | | | | | | | | **Air movement حركة الهواء** |
| ٣-١٢ | | | | | | | ٦ | الغرف من جهة واحدة، تزويد مستمر لحركة الهواء Rooms single banked, permanent provision for air movement |
| ١، ٢ | | | ٠-٥ | | | | | |
| | | | ٦-١٢ | | | ✓ | ٧ | الغرف من جهتين، إدخال مؤقت للهواء Double banked rooms, temporary provision for air movement |
| صفر | ٢-١٢ | | | | | | | |
| | ٠، ١ | | | | | | ٨ | No air movement requirement لا حاجة لحركة الهواء ليلاً |
| | | | | | | | | **Openings الفتحات** |
| | | | ٠، ١ | | صفر | | ٩ | Large openings, 40-80% فتحات واسعة ٤٠ ~ ٨٠ ٪ |
| | | | ١١، ١٢ | | ٠، ١ | ✓ | ١٠ | Very small openings, 10-20% فتحات صغيرة جداً ١٠ ~ ٢٠ ٪ |
| Any other conditions | | | • | | | | ١١ | Medium openings, 20-40% فتحات متوسطة ٢٠ ~ ٤٠ ٪ |
| | | | | | | | | **Walls حوائط** |
| | | | ٠-٢ | | | | ١٢ | Light walls, short time-lag حوائط خفيفة، زمن تخلف صغير |
| | | | ٣-١٢ | | | ✓ | ١٣ | Heavy external and internal walls حوائط ثقيلة خارجية وداخلية |
| | | | | | | | | **Roofs أسقف** |
| | | | ٠-٥ | | | | ١٤ | Light, insulated roofs أسقف خفيفة معزولة |
| | | | ٦-١٢ | | | ✓ | ١٥ | Heavy roofs, over 8 h time-lag أسقف ثقيلة ٨س |
| | | | | | | | | **Out-door sleeping منامات خارجية** |
| | | | | ٢-١٢ | | ✓ | ١٦ | Space for out-door sleeping required مطلوب أماكن نوم خارجية |
| | | | | | | | | **Rain protection الحماية من المطر** |
| | | ٣-١٢ | | | | | ١٧ | Protection from heavy rain necessary ضرورة الحماية من المطر |

د ) قد يحدث في بعض الحالات أن تختار الطابق الأول بندين وفي هذه الحالة تابع السير إلى اليمين، حيث يقوم المؤشر الثاني بالاختيار النهائي.

٨,١,١٠ **المواصفـات**

يوضـح الجـدول ٣ المـواصفـات الناتجة من المؤشرات السابقة. وقد وزعت المواصفات الموصى بها الى ثمانية عناوين.

الموقع العام

المسافة بين المباني

حركة الرياح

الفتحـات

الجدران

الأسطـح

أماكن النوم الخارجية

الحماية من الأمطار

وقد رقّمت بنود المواصفات وقد قدم وصف مختصر لها في الجدول ٣ (الشكل ١٦٩). لمزيد من التفاصيل انظر ٨,١,١١.

ستـوضـح بنود المواصفات في العمود الأخير من الجدول (٣) أكثر في التالي:

هنالك بديلان للموقع العام:

٨,١,١١ البنود المضخمة الموقع العام

١. يجب توجيه المباني على المحور شرق ـ غرب، وتكون الواجهات الطولية باتجاه الشمال والجنوب، لتقليل التعرض للشمس.

٢. يجب تخطيط المباني حول افنية صغيرة اذا كان الخزن الحراري ضرورياً في معظم أيام السنة، أي عندما يكون الفصل الحار الجاف سائداً.

المسافات

إن للمسافات ثلاث خيارات:

٣. يجب أن تتباعد المباني كثيراً ليتخلل النسيم. وكتوجيه عام. يجب أن لا تقل المسافة بين صفين من المباني عن خمسة أضعاف الارتفاع.

٤. واذا كان تخلل الهواء ضرورياً في جزء من السنة، فان البند (٣) ما زال قابـلاً للتطبيق، ولكن يجب عمل الحمـاية اللازمة من الهواء البارد أو

الهواء الحار المغبر. انظر إلى التشخيص في الجدول (٢) واتجاه الرياح في الجدول (١).

٥ . واذا لم يكن هنالك رغبة ملحة في حركة الرياح فينصح باستخدام الموقع المتقارب.

**حركة الرياح**

وهذا يتأثر بترتيبات التخطيط.

٦ . يجب أن تكون الغرف على شكل صف واحد والنوافذ في الجدران الشمالية والجنوبية للتأكيد على حركة الرياح لتوفير التهوية العرضية.

٧ . يمكن أن تكون الغرف في صفين، ولكن يجب أن يحتوي المسقط على تهوية عرضية مؤقتة (مثل أبواب مغذية كبيرة). وإذا كانت الرياح لا يعتمد عليها، أو كانت قيود الموقع تحد من التهوية العرضية، فان المراوح المثبتة في السقف تكون مناسبة. وهذه تحتاج الى غرف ارتفاعها لا يقل عن ٢,٧٥م، مما يؤثر على شكل البناء الأساسي.

٨ . واذا لم تكن حركة الرياح أساسية، وغير مرغوبة لأكثر من شهر واحد، أمكن أن تكون الغرف مزدوجة ولا حاجة كبيرة للتهوية العرضية.

**الفتحات**

تصنف فتحات الجدران في ثلاث فئات :

٩ . متسعة، ما بين ٤٠٪ و ٨٠٪ من مساحة جدران الشمالية والجنوبية. ويمكن أن لا تكون هذه الفتحات كاملة الترجيح، ولكن يجب أن تحمي من الشمس وابهار السماء والمطر، ويفضل استعمال معلقات أفقية.

١٠ . صغيرة جدا، اقل من ٢٠ ٪ من مساحة الجدران.

١١ . متوسطة، ما بين ٢٠٪ و٤٠٪ من مساحة الجدران. وربما كانت الفتحات الشرقية مرغوباً فيها في الفصل البارد إذا كان طويلا. وتكون الفتحات في الجدران الغربية مقبولة في المناخات الباردة والمعتدلة، وغير مقبولة بأي حال من الأحوال في المناطق المدارية.

**الحوائط**

هنالك تصنيفان عريضان للجدران.

١٢ . يجب أن تكون الجدران الخارجية خفيفة وذات سعة حرارية قليلة. وتحت هذا التصنيف هنالك أمران يجب مراعاتها وهما :

أ ) يجب أن تكون الجدران الداخلية أيضاً خفيفة حيث تكون الأحوال

الحارة الجافة سائدة لفترة قصيرة من الزمن.

ب ) يجب أن تكون الجدران الداخلية ثقيلة وكتلية، حيث يحدث أن تجتمع الظروف الحارة الجافة مع حدود درجات حرارة متوسطة سنوية عالية (فوق ٢٠ درجة م)

الأسقف

١٣ . يجب أن تكون الجدران الداخلية والخارجية كتلية .

يمكن تمييز نوعين أساسيين من السقوف هما :

١٤ . سقوف خفيفة ولكنها معزولة جيداً، وذات سعة حرارية قليلة .

١٥ . سقوف ثقيلة، ذات سعة حرارية كبيرة، تعطي زمن تخلف مقداره ٨ ساعات على الأقل .

النوم في الخارج

اذا كانت الأماكن الخارجية للنوم مطلوبة فلا بد من :

١٦ . تزويدها بأسقف، وبرندات أو أن تكون في الأفنية، بحيث يكون النائمون معرضين إلى أبرد جزء من الليل (الذروة) وذلك لزيادة الفقد الحراري بالاشعاع الى الخارج .

الحماية من الأمطار

١٧ . اتخاذ احتياطات خاصة، اذا كان المطر كثيراً ودورياً، مثل البرندات العميقة، المعلقات العريضة والممرات المغطاة.

٨,١,١٢ الخلاصة

يجب اعتبار الجداول كمساعد للتصميم الكروكي وليس كطريقة ميكانيكية لاستبدال التفكير. إن منطقية العملية يجب أن تفهم وتبقى في الفكر. لقد تم تشخيص طبيعة الاجهاد الحراري في الجدول (٢) وقد وضح أيضاً المدة اللازمة لمثل هذا التحكم الحراري باستعمال مؤشرات. وفي الجدول (٣) تم اختبار هذه المؤشرات وتصحيحها وانتاج بعض التوصيات. ويُعَدُّ ذلك أساسياً فيما اذا اخذت على أنها قرارات تصميم أساسية أو عريضة أو أنها مواصفات للأداء المطلوب فقط . وفي أي حال، فلا بد من اعتبارها الزامية وضرورية في التصميم المبدئي أو الكروكي (أو وسائل مساعدة ونقاط ثابتة أو نقاط ابتداء) مع عوامل أخرى غير تلك المتعلقة بالمناخ المبدئي أو الكروكي .

إن الطريقة سريعة وعريضة وكروكية وفيها مساومات. وقد تكون هنالك فترات أو لحظات عندما يكون التصميم حتى هذه النقطة ليس كاملاً ولا تاماً. إن ذلك على كل حال، لا يقلل من أهمية هذه الطريقة. إن ذلك

يعني ببساطة أن التصميم المناخي لم ينته بمرحلة التصميم المبدئي أو الكروكي.

وفي التحكم بالمناخ خلال الطرق الطبيعية لا يمكن تجنب المساومة. وسوف توفر مرحلة تطوير المسقط وتصميم العناصر الفرصة لتقوية المظاهر المرغوب فيها وتلطيف العناصر غير المرغوب فيها للفكرة المبدئية.

**٨,١,١٣ التحكم الميكانيكي** إن التحكم الدقيق في المناخ الداخلي تحت كل الظروف ممكن فقط بالوسائل الميكانيكية (كما نوقش في ٤,١,٢، ومبين في الشكل ٤٤). إن الوسيلة التي يمكن اعتمادها في المدارين هي تكييف الهواء. وإن قرار استعمال تكييف الهواء للتحكم بالمناخ الداخلي يُعَدُّ واحداً من أهم القرارات الأساسية، ويمكن أن يؤثر على جميع التصميم بشكل جذري.

وقد وصفت أسس التشغيل والنظم الأساسية في ٤,١,١٠ الى ١٤، وقد أوضحت بشكل عريض فلسفة التصميم المتعلقة بادراج تكييف الهواء في ٤,٢,١. وسنختبر هنا اختيار بعض المتغيرات. ففي المناخ الحار الجاف، تكون درجة الحرارة القصوى بعد الظهر، وطالما أن المعدل ليس أعلى من حد الراحة، فان التحكم المرضي يمكن أن يتحقق دون استعمال تكييف الهواء، ويمكن ذلك بعناصر الانشاء وحدها.

وفي المناخ الصحراوي البحري، يمكن اللجوء إلى تكييف الهواء. إن متطلبات الانشاء والتركيب، في كلا الحالتين، لمبنى مكيّف هوائياً لا تختلف بشكل كبير عن تلك التي تكون في التحكم الطبيعي. ويجب أن تكون البناية مقفلة تماماً، أي مقفلة (أو قابلة للقفل)، ويجب أن تحتوي على نوافذ صغيرة لتقليل الكسب الحراري، وأن تكون ذات عزل جيد وسعة حرارية كبيرة لتقليل أحمال الذروة.

إن المواصفات تستعمل سواء كان المبنى مكيفاً هوائياً أم لا.

وفي المناخ الدافىء الرطب تشتد الحاجة إلى تكييف الهواء. إن الهواء حار ورطب، وعادة ما يبقى دافئاً طوال الليل. إن قرار تركيب تكييف الهواء سوف يؤثر على تصميم المبنى بشكل جذري. وبدون التكييف فإن الطريقة الوحيدة

لتحسين الظروف الداخلية في المبنى هي باستعمال حركة الهواء بشكل واسع. وهـذا يتحقق بتصميم المبنى بحيث تكـون فيه فتحات مفتوحة للهواء بقدر الامكان. واما إذا كيفت هوائياً فان المبنى يجب أن يكون مغلقاً ويبرد تحت درجات الحرارة الخارجية، وبذلك فان الحوائط يجب أن تكون معزولة بشكل جيد: وبدون ذلك فان نوعية عزل الحوائط لا تكون مهمة.

المناخ المركّب : إن قرار تركيب التكييف المركزي يمكن أن يتخذ ولكنه سوف يعمل فقط في الفصل الدافىء الرطب، بينما يعتمد على التحكم الطبيعي في الأوقات الأخرى.

يجب أخذ الحيطة من التكييف الزائد، ولاسيما عندما لا يكون ثابتاً: عندما تبرد البناية إلى الحدود الدنيا من منطقة الراحة يمكن أن يؤقلم السكان الى درجات حرارة منخفضة، وهذا مما يجعل ظروف الحرارة الخارجية الزائدة غير محتملة. إن التفاوت بين درجات الحرارة الخارجية والداخلية يجب أن لا يكون كبيراً. ومن ناحية مبدئية فان حدود الراحة الموضحة في الجزء العلوي من الجدول ماهوني رقم ٣ (الشكل ١٦٩) يجب استعمالها كهدف.

المناخ المداري المرتفع : اذا كان التصميم جيداً فيمكن الاستغناء عن وسائل تكييف الهواء. وعلى كل حال، فان بعض الظروف الخارجية (مثل، موقع حضري مفروض عليه توجيه خاطىء) أو لاعطاء قيم مظهرية (هيبة) يمكن أن يخل بالاتزان وتكون النتيجة تقرير عمل تكييف هواء. وفي بعض أحوال المظاهر (الهيبة) يمكن تحقيق ذلك بخلق شعور بتكييف الهواء بدون أن يكـون حقيقياً. وعلى سبيل المثال، يمكن أن يهوى مبنى مخازن ميكانيكياً، ولكنها تحتوي على وحدات تكييف موضعية تعطي هواءاً بارداً ضمن المرغوب فيه. ولكن هذا الحل لا يمكن التحمس له، ولكنه يمكن أن يستعمل.

وكما هو واضح، فان الموقف من تكييف الهواء يعتمد ليس فقط على الراحة أو المناخ أو المتغيرات الفيزيائية، ولكنه يعتمد بشكل كبير على العوامل الاجتماعية والاقتصادية.

## ٨,٢ مرحلـــة تطويـــر المسقـــط

- ٨,٢,١ التحليلات والتطوير
- ٨,٢,٢ التغيرات الدورية
- ٨,٢,٣ مخططات النشاط
- ٨,٢,٤ الفراغات الخارجيــة
- ٨,٢,٥ الفراغات الخارجية في المناخات الحارة الجافة
- ٨,٢,٦ الفراغات الخارجية في المناطق الدافئة الرطبة
- ٨,٢,٧ الفراغات الخارجية في المناخات المركبة
- ٨,٢,٨ العـــزل الحـــراري
- ٨,٢,٩ السعـــة الحراريـــة
- ٨,٢,١٠ التحكـم بالشمـــس
- ٨,٢,١١ وقـــت التظليـــــل
- ٨,٢,١٢ زوايـــا التظليـــــل
- ٨,٢,١٣ التهوية وحركة الهـــواء

---

**٨,٢,١ التحليل والتطوير**

تنتهي مرحلة التحليلات المتقدمة بصياغة مواصفات للأداء الوظيفي بشكـل عام، وبشكـل رئيسي كبنـود نوعية، ويتبع ذلك انتاج حل منهجي تصميم مبدئي أو كروكي. وبعد عمل ذلك، يمكن تأسيس مواصفات أكثر دقة كبنود كمية في مرحلة تطوير المسقط . وهنا يتضمن تحليلات كما يتضمن أعمال تقييم.

على الـرغم من أنه ينصح بتوصيف أداء المبنى في مرحلة التحليلات المتقدمة بقدر ما يكون عملياً، بدون الحاق الضرر بالتركيب، فان عوامل كثيرة يمكن تحليلها بعد اتخاذ بعض قرارات تصميم، عندما توجد فرضيات تصميم.

إن عناصر التحكم في الشمس تُعَدُّ مثالا جيداً، يمكن توصيف أداء هذه العنـاصر بدقة تامة بزوايا الظلال العمودية والأفقية (انظر ٤,٢,١٢)

بدون تصميم النبائط الحقيقية، وعلى كل حال، وقبل أن يتم عمل ذلك، فانه يجب على الأقل تقرير اتجاه الفتحات (اذا لم يقرر اتساعها) لذلك، فانه في مرحلة التحليلات المتقدمة لا يمكن توصيفها، ما لم يتم توصيفها لجميع الاتجاهات الممكنة. ويحسن تعريف أدائها باصطلاح الفترة الحارة (over heated period) وترك توصيف زوايا الظلال الى مرحلة التطوير. ويكون تصميم النبطية في مرحلة تصميم العناصر أو التفاصيل.

إن التحليلات باستعمال جداول ماهوني تسمح بتكوين تصميم مبدئي أو كروكي أو بعمل فرضيات تصميم. ويمكن تنقية التصميم في مرحلة التطوير، عندما تكون فرضيات التصميم قد تم تشكيلها ويمكن أن تساعد بانشاء معطيات البحث.

إن مثل هذه التقنيات الاضافية يمكن أن تتعلق بما يلي :

أ ) تزامن استعمال نمط الفراغ مع نمط التغيرات الفصلية واليومية لظروف المناخ.

ب ) امتداد اعتبار المبنى الى الفراغات الخارجية.

جـ) التعريف الدقيق للخواص الفيزيائية للمبنى مثل:

العزل الحراري

السعة الحرارية

التحكم بالشمس

التهوية وحركة الرياح

وستناقش هذه الموضوعات في ٨,٢,٢ إلى ١٣.

٨,٢,٢ التغيرات الدورية

ليس ثمة غرفة ولا فراغ مفتوح يستعمل جميع الوقت من جميع السكان. ومناخياً لا توجد غرفة ولا فراغ مفتوح جيداً بالتساوي في جميع ساعات النهار والليل (الا اذا استعمل تكييف الهواء). ويجب أن يكون هدف المصمم مزامناً للاستعمال المكثف في أفضل الظروف المناخية. ولتحقيق ذلك، يجب الحصول على مجموعتين من المعلومات وربط بعضها ببعض وهما:

١ . نمط استخدام الفراغ .
٢ . وتغيرات المناخ في الداخل والخارج في دورة ٢٤ ساعة . ولتسجيل نمط استخدام المبنى فان مخطط النشاطات المقدم في ٨,٢,٣ يُعَدُّ وسيلة مساعدة .

ويطلب لتحقيق ذلك معلومات عن تغيرات المناخ على الأقل ليوم نموذجي في كل فصل . وفي بعض الأحيان تتوافر معطيات عن درجات الحرارة في كل ساعة والا فيمكن افتراض ما يلي :

أ ) متوسط درجات الحرارة الدنيا والعليا (المسجلة في جداول ماهوني) المتعلقة بدرجات الحرارة العليا والدنيا ليوم نمطي من شهر.

ب ) يمكن تمثيل التغيرات في درجات الحرارة بمنحنى جيبي .
تحدث القيمة القصوى بعد منتصف النهار بقليل والقيمة الدنيا في ساعات الصباح الباكر.

إن كلا الافتراضين يمكن تبريره لأهداف مثل هذه المقارنة .

إن أفضل شيء لهذه المعلومات هو نقلها إلى مخطط النشاط ، للسماح باقامة علاقة مباشرة .

**٨,٢,٣ مخططات النشاط**

وتتكون مخططات أو جداول النشاط من جزئين هما : الرسم العلوي الذي يبين التغيرات في درجات الحرارة الخارجية والداخلية ، وتكون عليه منطقة الراحة ، والجزء السفلي الذي سجل النشاطات في الفراغات المختلفة من المبنى (بما في ذلك الفراغات الخارجية) . ويبين الشكل (١٧٠) مثالاً كاملاً . وهنالك جدول فارغ موضح في الملحق ١٢ .

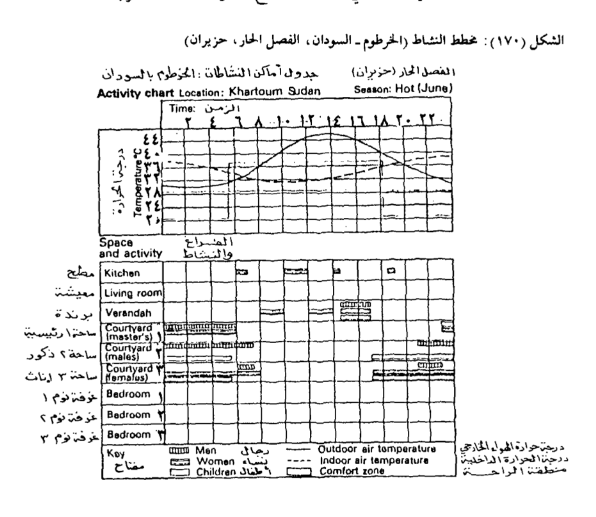
وقد اقترح أن يعاد انتاج جدول النشاطات ومضاعفتها ، لاستعمالها في التحريات المحددة . وإذا ما احتوى الموقع المتحرى له فصولاً مميزة ، أو إذا كان ثمة تغيرات فصلية في استعمال المبنى ، وجب عمل شكل منفصل لكل فصل .

وعند استعمال المخطط أو الجدول تتبع الخطوات التالية :

١ . اختر شهراً بحيث يمثل فصلاً نمطياً لاعتباره*

٢ . بالاشـارة لشكل ٣٧ الذي يمثل مخطط أو جدول التغيرات في درجات الحرارة اليومي . علم متوسط درجة الحرارة القصوى الشهرية على المقياس العلوي ومتوسط درجات الحرارة الدنيا على المقياس السفلي (من المفضل وضع ورقة شفاف على الجدول والعمل على الشفاف) . صل ما بين النقطتين بخط مستقيم ، واقرأ درجات الحرارة في الساعة على المقياس العلوي أو السفلي ، حيث تتقاطع خطوط الساعات المرتبة .

الشكل (١٧٠) : مخطط النشاط (الخرطوم ـ السودان ، الفصل الحار ، حزيران)




* اذا وجدت قيم درجات الحرارة لكل ساعة من محطة ارصاد قريبة ، يجب استعمالها في الخطوة ٣ ويجب حذفها في خطوة ٢ .

ملاحظـــات :

١ . يذهب الرجل للعمل الساعة ٧,٣٠ ويعود ١٤,٣٠ (يقضي في العمل من الساعة ٨,٠٠ ـ ١٤,٠٠).

٢ . الأطفال يذهبون للمدارس الساعة ٧,٣٠ ويعودون في الساعة ١٤,٣٠ (يقضون في المدارس من الساعة ٨,٠٠ الى ١٤,٠٠)

٣ . تستعمل الشرفة كغرفة طعام في وقت الغذاء وغرفة نوم في قيلولة بعد الظهر.

٤ . فناء ١ يستعمل في الليل لمبيت الوالدين فقط .

٥ . فنـاء ٢ يستعمل كغرفة استقبال في المساء للذكور. وتستعمل في الليل كغرفة نوم للرجال .

٦ . فناء ٣ يستعمل كغرفة استقبال نساء . وتستعمل كغرفة طعام للعائلة في الفطور والعشاء . وتستعمل في الليل كغرفة نوم للإناث .

٧ . انقل هذه القيم الى جدول النشاط وانشيء منحنى درجات الحرارة الخارجية .

٨ . ركب حدود الراحة في النهار والليل (كما هو مؤسس في جدول التشخيص رقم ٢) .

٩ . باستعمال المباني ذات الإنشاء الخفيف وحركة الهواء الوافرة فان درجات الحرارة الداخلية لا تختلف كثيراً عن درجات الحرارة الخارجية . وللمباني الكتلية والمقفلة فانـه يجب عمـل منحنى درجـات الحـرارة الـداخلية ، باستعمال المعلومات المعطاة في ٢,٣,٣ و ٣,٢,٤ (الشكل ٤١ و ٤٩ بالترتيب) .

١٠ .أدخـل أسـماء الساحات الخارجية والداخلية في العمود الأول من الجزء السفلي لنصف الجدول ، واترك سطر منفصل لكل منها (يمكن أن يمتد الجدول الى أسفل) .

١١ .استعمل رمزاً بسيطاً لكل شخص (أو لكل صنف) باستعمال المسافات ، وأشر بخطوط أفقية للزمن والمدة اللازمة لها (او لهم) باستعمال الفراغ .

ويمكن الآن الربط بين المخططين، وهذا يساعد في رسم المساقط (مثل اين وضع الفراغات المختلفة بالنسبة للتوجيه) وتقرير أنواع التحكم اللازمة لكل مساحة نشاط (مثل ساحات النوم الخارجية).

٨,٢,٤ الفراغات الخارجية

تقترن النشاطات المختلفة، في المناخات المدارية، عادة بالفراغات الداخلية، وأما في المناخات المعتدلة فان معظم النشاطات (النوم، والغسيل والطبخ والأكل واللعب والعمل. . . الخ) تحدث في الساحات الخارجية. وهذا ينطبق على المباني السكنية بشكل خاص، ولكن قد يحدث في أنواع أخرى من المباني، كالمدارس. ويكون المأوى فقط لتحقيق الخصوصية او عندما تكون ظروف الطقس سيئة أو لحفظ الحاجيات.

وقد تؤثر الاعتبارات اللاحقة على تكوين قرارات التصميم المبدئي أو كروكي التصميم، ولكن الوقت المناسب للاختبار الدقيق أو القرارات حول الساحات الخارجية هو مرحلة تطوير المسقط.

ولما كانت المساحة المجاورة للمبنى امتداداً للفراغات الداخلية، فلا بد من معاملتها من المصمم بالأهمية نفسها، ويفضل في الفراغات الداخلية التكييف الطبيعي عن التحكم الآلي. أما في الفراغات الخارجية فهذه هي الوسيلة الممكنة للتحكم.

٨,٢,٥ الفراغات الخارجية في المناخات الحارة الجافة النسيج

وللتحكم بظروف المناخ في الفراغات الخارجية في المناخات الحارة الجافة، فان المصمم يعتمد على الطرق التالية :

تكون الجدران في الغالب عالية، محيطة بفناء أو حديقة وتخدم أهدافاً عملية. كالحماية من الهواء الحار اللاذع والغبار والكلاب الضالة والماعز، أو التعدي (على الأملاك) أو تقليل التبخير والمحافظة على نسيم بارد من التبخير، ولكن الحاجة النفسية المتمثلة في الحصول على الخصوصية والتمييز بين الفراغات المصنوعة من الانسان والعالم الخارجي القاحل المعادي، لا تعتبر أقل أهمية .

رتب المبنى بحيث يحيط بفناء (Courtyard) أو ساحة (patio) (محاطة كلياً أو جزئياً بالمباني ومكملة بجدران) للهدف نفسه. وان كانت بلا مياه ونباتات

فانها تكون أفضل فراغ يرغب في النظر اليه، بالمقارنة بالأرض القاحلة الطبيعية أو منظر المدينة في الخارج.

**النابات** إن ذلك مقيد بوجود المياه. وهو ممكن في الفراغات المحاطة (كالأفنية) الواقعة في الفراغات المفتوحة. ويمكن زراعة بعض الأشجار دائمة الخضرة والشجيرات والصبار والنباتات المتسلقة وبعض أنواع الأعشاب. ويمكن لهذه النباتات أن تظهر تبايناً لطيفاً مع المساحات المبلطة. وحتى النباتات المزروعة في قوارير فإنها لا تقل عن ذلك في أهميتها. وأما الساحات النجيلية فيصعب المحافظة عليها. إن النباتات المتسلقة تقدم أفضل قيمة، وتنتج مساحات خضروات واسعة للنظر إليها، أو (إذا رفعت على شكل عريشة خفيفة أو أسلاك ممتدة) فانها تعطي غطاء مظللا فوق المماشي، على شكل تنقيط لطيف (شمس وظل).

**المياه** إن بركة صغيرة أو حوضاً أو نافورة، تضيف إلى حس الساكن شعوراً بالراحة. ويكون التأثير الفيزيائي (التبريد بالتبخير) ذا أهمية كبيرة في الفراغات الخارجية المحاطة، ولكن التأثير النفسي يكون أكبر بكثير. إن منظر سطح الماء وخصوصاً صوت خرير الماء يعطي الانسان الراحة قبل أن تنزل درجة الحرارة بأية مقدار.

**التظليل** إن الظلال مهمّة وأساسية في الفراغات الخارجية المستعملة في أوقات النهار. إن العناصر العمودية (الحوائط والمبنى نفسه) تؤمن الظلال في الصباح وفي ساعات بعد الظهر المتأخرة فقط. وأما العناصر الأفقية كالبرندات والبرجولات أو النبائط المستعملة لمثل هذا الغرض (مثل مظلات القماش والعرائش والشمسيات) فقد تستعمل بكفاءة أفضل، ولكن النباتات تعطي ألطف ظلال، وتحقق أفضل نتائج عند تظليل الأفنية في اثناء النهار، وتعريضها إلى صفحة السماء في الليل، دون تقييد الاشعاعات الصادرة.

**حماية عناصر الحركة** إن ممرات المشاة ومرائب السيارات بحاجة الى التظليل أيضاً. ان عمل الأزقة بدلا من الطرق العريضة المفتوحة والطرق المظللة بمظلات عالية والأروقة تخدم طرق المشاة. وتكون حماية السيارات بزرع نباتات متسلقة على برجولات أو بواسطة إنشاء خاص (الذي يمكن أن يكون مكلفاً) ضمن البناية

أو تحتها. إن ذلك يسبب بعض المشكلات للمخارج والمداخل ويؤثر على الموقع العام.

الساحات العامة

تتبع فيها المبادىء الأساسية المتبعة في الفراغات الخاصة، ولكن السؤال المهم هنا عن موضوع الصيانة. حيث يجب أن تتعلق مساحتها بمصادر المياه وإمكانات الصيانة فاذا ما كانت المساحات كبيرة فان ذلك ينعكس على إهمالها، كأن تكون غير مملوكة، ومكاناً للغبار والقمامة. فتكون الساحة الصغيرة (المعتنى بها) أفضل من الكبيرة. إن الساحات العامة يجب أن تكون محاطة، مزروعة بشكل جيد، مبردة بالمياه ومظللة في معظم النهار.

٨,٢,٦ الفراغات الخارجية في المناخ الدافىء الرطب

إن الفراغات الخارجية في هذا المناخ أكثر أهمية منها في المناخ الحار الجاف، وان معظم النشاطات تحدث في الهواء الطلق. وتكون المحافظة على ظروف الراحة في الخارج أسهل منها في داخل المبنى. وتكون الفراغات الخارجية لطيفة اذا أمكن توفير حركة هواء، ظلال وحماية من الأمطار.

حركة الرياح

يمكن التأكيد على استمرار حركة الهواء بما يلي:

أ ) ألا يوجد حوائط مغلقة. ولتمييز الحدود أو خصوصية البصر يمكن عمل أسوار مخرمة تسمح بمرور الهواء.

ب ) باتباع قاعدة خمسة أضعاف الارتفاع كمسافات بين الجدران كقاعدة تقريبية. لمزيد من التفاصيل يرجع الى ٤,٣,٩ و ١٥. وبشكل عام يجب أن يسمح المبنى بمرور الهواء بقدر الامكان (كأن يكون مرفوعاً على أعمدة، أو بادراج مفتوحة للفصل بين صفوف المباني الطويلة، الخ).

جـ) ألا يوجد أفنية ولا صفوف مبانٍ مغلقة، وبدلاً من ذلك يجب أن تكون هناك حرية في التشكيل وعدم انتظامية في تجميع المباني.

د ) وفي الكثافات الكبيرة يفضل زيادة الارتفاعات عن تغطية سطح الأرض بالمباني.

الظلال

إن العناصر العمودية المستعملة في المناطق الحارة الجافة غير واردة هنا لانها تقيد حركة الهواء. إن استعمال معلقات السقف والبرندات والأروقة والمظلات والممرات المغطاة أكثر فائدة. والأفضل هو التظليل بالأشجار.

**النباتات** تستعمل هنا بعض الشجْيرات وسياخ الشجيرات بعناية ، لكن ليس لتقليل تدفق الهواء بالقرب من الأرض، حيث تزيد الحاجة إليه . ويفضل هنا استخدام الأشجار الطويلة ذات السيقان العارية، لأنها تسبب ظلالاً واسعة وتسمح بتخلل النسيم . إن غطاء الأرض مهم، ولكنه يمكن أن يسبب مشكلة في اتجاهين :

١ . في بعض المواقع يكون غطاء الأرض مهملاً دون تقليم مما يحول دون حركة الهواء .

٢ . في المناطق القاحلة، حيث تكون طبقة التربة العليا قد طُمرت بفعل الأمطار، ويصعب أن تنبت شيئاً وهنا يمكن استعمال بعض الشجيرات والأسوار الشجرية لتصبح الأرض صالحة للزراعة على الأقل .

**الحماية من المطر** بما أنّ المطر يكون دورياً وكثيفاً والجو يكون دافئاً حتى عند تساقط الأمطار فان الفراغات الخارجية يجب أن تحمى من المطر لاستعمالها حتى حين تساقط الأمطار. وإن البرندات والممرات المغطاة والمظلات المعلقة أمام الدكاكين يمكن أن تخدم هذا الهدف إضافة إلى التظليل من الشمس . ويمكن للساحات ذات الأسقف وإن كانت بلا حوائط أن تخدم نشاطات معينة .

**الساحات العامة** ان الساحات العامة حتى بدون عناية تبقى خضراء (بعكس المناخ الحار الجاف) . ويمكن أن تكون المشكلة فيما يلي :

أ ) الخضروات والأشجار التي تنمو بشكل غير عادي .

ب ) الحرمان من المنافسة .

جـ) الاستعمال غير المقصود وغير المنتظم للأكواخ والدكاكين وما يصاحبه من خلق ظروف غير صحية .

يجب أن يكون للساحة المفتوحة وجهاً للاستعمال ويجب أن تصمم لهدف خدمة معينة وذلك لأن صيانتها يجب أن تكون واضحة ومعرفة .

**٨,٢,٧ الفراغات الخارجية في المناخ المركب** يمكن الجمع بحنكة بين العناصر التي ذكرت في ٨,٢,٥ و ٦ في المناخات المركبة،-حيث تكون الحاجة لذلك؛ ويمكن للفراغات الخارجية المختلفة أن تخدم في الفصول المختلفة ويمكن أن يفكر المصمم بعدة طرق مثل ساحات للطقس الحار، وحدائق موسمية أو باحات للفصل البارد . ويمكن

لساحة مغلقة الجوانب في جهة من المبنى أن تكون لطيفة في الفصل القاحل، ومن جهـة أخرى، فان فراغاً متسعاً مظللاً، يمكن أن يستعمل في الفصل الدافىء الرطب .

إن الأشجـار المتسـاقـطة الأوراق، والنباتات المتسلقة والكروم تعمل ظلالاً في وقت الحـاجـة كما تسمح بتخلل الشمس في الفصل البارد عندما تتساقط أوراقها.

٨,٢,٨ العزل الحراري

إن معرفة كمية العزل المثالي في عملية تفاضلية بين التكاليف والفائدة مسألة سهلة ومباشرة ، وذلك في المبـــاني المدفئة أو المكيفة هوائياً . ويمكن أن يعـبر عـــن التكلفـة الفعلية للمـواد العازلة بواسطـة خط مستقيم كدالة للسمـاكة (الشكل ١٧١ ) .

ويمكن بعد ذلك حِسَابُ كمية التقليل في معدل الفقد الحراري (أو الكسب) نتيجة لهذا العزل، مضروبة في عدد الدرجات اليومية وتكلفة التدفئة (أو التبريد) للحصـول على التـوفير في غضون سنة . ويمكن لهذا التوفير، المحسوب لفترة استهلاك مناسبة، أن يبين على الرسم نفسه بواسطة منحنى على شكـل قطع زائـد، وكدالة بالنسبة للسماكة . اذا جمع المنحنيان بواسطة الرسم، فان النقطة السفلى من المنحنى الناتج سوف توضح السماكة المثلى .

إن مثل هذه الحسابات في الظروف الطبيعية للمبنى يستحيل عملها . ويمكن لحسابات جزئية أن تساعد متخذ القرار في الاعتماد على معطيات نوعية .

وفي المناخ الحار الجاف، تكون الجدران والأسقف كتلية وثقيلة، لتسوية الاختلاف اليومي في درجات الحرارة . والعزل المقاوم وحده (انظر ٣,٢,٤) لا يكون مؤثراً .

وفي المنـاخ الدافىء الرطب، بوجود كمية كافية من حركة الهواء، فان درجة حرارة الهواء الداخلية والخارجية سوف تكون متساوية . ويكون هدف العـزل تقليل تدفق الحرارة الناتج من الحرارة الزائدة من الشمس للأسطح الخـارجية فقط . وتستقبل الأسقف طاقة شمسية أكبر بكثير من الحوائط .

وتكون الحوائط في العادة مظللة، وبذلك فان العنصر الوحيد الذي يجب عزله هو السقف. فكم تكون كمية العزل اللازمة للسطح؟

ويمكن حساب قيمة درجة حرارة الشمس ـ الهواء (Tse) (أي درجة الحرارة المساوية للكسب المشع، ١٨, ١, ٣) كما يلي :

$$Tse = \frac{I \times a}{F_0}$$

حيث I = شدة الاشعاع
a = امتصاصية السطح
$f_o$ = موصلية السطح الخارجي

ويمكن جمعها لأية فترة زمنية مختارة (مثل سنة واحدة). وكلما زاد هذا المقدار، زادت الفائدة من استعمال العزل. وتكون الفائدة، على كل حال، بتحسين ظروف المحيط وليس في توفير التكاليف. إن المقارنة المباشرة مستحيلة، وأي مقدار يكون اختيارياً أو الاعتماد على قيمة للحكم. وكان كونسبيرجر ولاين [٩٧] قد اقترحا مواصفات أداء بأن لا تزيد درجة حرارة السقف (من الداخل) عن درجة حرارة الهواء بأكثر من ٤ درجة م. ولتحقيق ذلك، فان قيمة U للسقف والسطح مجتمعين يجب أن تكون حول ٨ر. واط/م$^2$ / درجة مئوية (انظر ٥, ٢, ٧) او أن يكون السطح عاكساً جيداً. إن بعض المنشآت التي تعطي مثل هذا الأداء مجدولة في الملحق ١٣ . ويعطي ذلك الجدول مقارنة في الأداء، وبدون ذلك، فان مقارنة التكلفة تكون بلا معنى.

وفي المناخ المركب، اذا كان الفصل الحار الجاف سائداً، يستمر ٦ أشهر أو أكثر، فانه يجب استعمال سقف ثقيل (كما اقترح من قبل ماهوني، الجدول ٣، بند ١٥). وأما إن كان الفصل أقصر من ذلك، فيقترح استعمال سقف خفيف معزول. إن تعريف الحد الفاصل أمر اختياري. فيكون السقف الكتلي بوجود مادة عازلة ذات سعة حرارية عالية، مثل السقف الخفيف بمواد عازلة ذات مقاومة جيدة في الوظيفة، ويعتمد القرار عادة على التكلفة، التي بدورها تعتمد على الظروف المحلية، وعلى وجود المواد والعمالة.

مصنع اجهزة، سقوف باسبست اسمنتي U = 8.00 W/m deg C

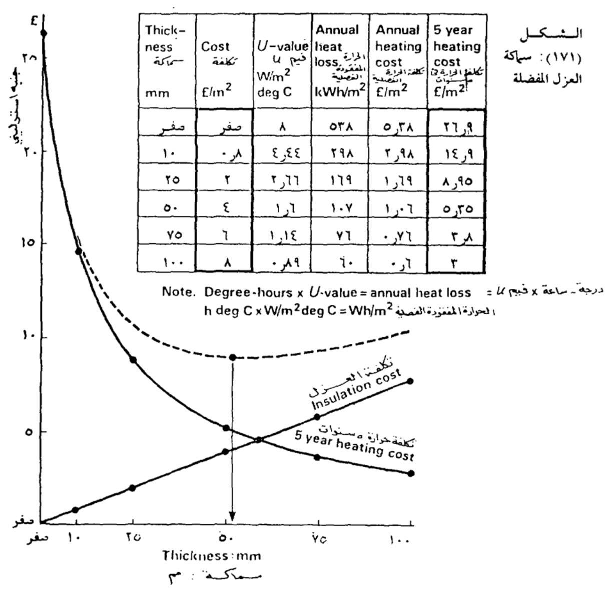
تكلفة العزل ٨٠ قرش/سم سماكة و م٢ K = 0.01 W/m deg C

تكلفة التدفئة لكل كيلو واط ساعة = ١ قرش

يحفظ المبنى بدرجة حرارة ١٨°م

خذ الفرق بين ١٨°م ومعدل درجة الحرارة الشهرية واضرب ذلك في عدد الأيام في الشهر. اجمع الشهور الاثنتي عشر للحصول على درجة ـ أيام: حوالي ٢٨٠٠ .

هذا يعطي ٢٨٠٠×٢٤ = ٦٧٢٠٠ ساعة درجة م (درجة ـ ساعات).



| Thick-ness سماكة mm | Cost تكلفة £/m² | U-value قيم U W/m² deg C | Annual heat loss الحرارة المفقودة الفصلية kWh/m² | Annual heating cost تكلفة الحرارة الفصلية £/m² | 5 year heating cost تكلفة الحرارة في سنوات £/m² |
|---|---|---|---|---|---|
| صفر | صفر | ٨ | ٥٣٨ | ٥٫٣٨ | ٢٦٫٩ |
| ١٠ | ٠٫٨ | ٤٫٤٤ | ٢٩٨ | ٢٫٩٨ | ١٤٫٩ |
| ٢٥ | ٢ | ٢٫٦٦ | ١٦٩ | ١٫٦٩ | ٨٫٩٥ |
| ٥٠ | ٤ | ١٫٦ | ١٠٧ | ١٫٠٦ | ٥٫٣٥ |
| ٧٥ | ٦ | ١٫١٤ | ٧٦ | ٠٫٧٦ | ٣٫٨ |
| ١٠٠ | ٨ | ٠٫٨٩ | ٦٠ | ٠٫٦ | ٣ |

Note. Degree-hours x U-value = annual heat loss = درجة ـ ساعة x قيم U

h deg C x W/m² deg C = Wh/m² الحرارة المفقودة الفصلية



الشكل (١٧١): سماكة العزل المفضلة

٨,٢,٩ السعة الحرارية

اقترح ماهوني في جدوله رقم ٣، بند ١٣ و ١٥، استعمال حوائط واسقف كتلية بالترتيب وقد أوصى في البند الأخير زمن تخلف أدنى مقداره ٨ ساعات. ان مثل هذا الاقتراح العريض كاف من أجل انتاج تصميم أولي أو كروكي. ولكن في مرحلة التطوير يظهر السؤال : إلى أي مدى يكون زمن التخلف المرغوب؟

قد يكون من المعقول افتراض أن درجة حرارة الهواء واحدة في أية جهة من البناية. كما يعتمد تدفق الحرارة الفعلي من خلال حوائط المبنى، على كل حال، على أشعة الشمس كما هو معين بدرجة حرارة الشمس ـ الهواء (٣,١,١٨). وفي كل لحظة تختلف قيمة ذلك لكل سطح من المبنى كما أن جميع القيم تختلف من ساعة لأخرى مع حركة الشمس. ولهذا السبب فان قيمة التخلف الزمني (time-lag) يجب أن يحسب لكل واجهة من واجهات المبنى منفرداً ـ على الأقل الواجهات الأربعة والسقف.

وهناك طريقة لتعريف زمن التخلف المرغوب موصوفة في (٤, ٢, ٤) والشكل (٤٩). إن تلك الطريقة يجب أن تعمل لكل سطح على الترتيب. كمـا يلي :

أ ) ارسم مخططاً للاختلاف في درجات الحرارة في ٢٤ ساعة ليوم حرج. اعمل ذلك من ٥ نسخ واحدة لكل سطح.

ب) احسب درجة حرارة الشمس والهواء الزائدة، على فترات كل ساعتين على الأقل لكل سطح (على أساس معطيات الأشعة الساقطة) ثم ركب ذلك على مخطط درجات حرارة الهواء.

جـ) عين، لكل سطح، قيمة وقت درجة حرارة الشمس ـ الهواء الخارجية القصوى.

د ) أوجد المسافة المحدودة بالسطح المحدد، قدّر الوقت الذي يكون فيه تدفق الحرارة مرغوباً فيه أو على الأقل محتمل.

هـ) المسافة بين النقطتين تكون زمن التخلف المرغوب بالساعة، ومن الواضح أن ذلك يمكن أن يعمل فقط عندما يكون الاتجاه (موقع السطح) ونوع تشطيبات السطح ومواقع الغرف المختلفة قد قدر مسبقاً.

وعلى كل حال فان نتائج هذه التحليلات في اثناء مرحلة التطوير يمكن أن تؤدي إلى إعادة النظر في المسقط الأفقي للمبنى وترتيب الغرف.

وتوفيق اكفأ للعناصر الثلاث التالية:

١. نمط استعمال الغرفة
٢. دورة حرارة الأسطح الخارجية
٣. زمن التخلف لعناصر الحوائط الخارجية.

٨,٢,١٠ التحكم بالشمس

إن تصميم وحدات التحكم بالشمس للنوافذ والفتحات تتضمن ثلاث خطوات:

أ) تعريف فترة الحرارة الزائدة، وعندما يكون التظليل مطلوباً.
ب) توضيح أداء نبائط الظلال بتعريف زوايا الظلال.
جـ) تفاصيل تصميم النبيطة.

يمكن للمرحلة الأولى أن تعمل في مرحلة التحليلات المتقدمة، ولكنها يمكن أن تعمل في هذه المرحلة. والخطوة الثانية وهي هدف من أهداف مرحلة التطوير، عندما توجه الفتحات، وكلاهما موضح فيما بعد. إن تصميم النبيطة الحقيقية يترك إلى مرحلة تصميم العناصر.

٨,٢,١١ وقت التظليل

يمكن تعريف زمن التظليل بثلاث طرق:

١. بدلالة درجة الحرارة.
٢. بدلالة درجة الحرارة المؤثرة، بضم درجة حرارة الهواء والرطوبة، وربما كان ذلك بحركة الهواء.
٣. بدلالة درجة حرارة الشمس - الهواء، مع فصل كل سطح في كل اتجاه.

إن الأولى هي الأبسط. وبعد تكميل مخطط النشاطات (انظر ٨,٢,٣ والشكل ١٧٠) يمكن الرجوع إلى القسم العلوي منها، فتكون الظلال مطلوبة عندما يكون خط درجة الحرارة الخارجية أعلى من الحد الأدنى من منطقة الراحة. واذا وجدت مخططات النشاطات لأيام السنة، فانه يمكن تعريف فترة الحرارة الزائدة بدلالة الأيام والساعات. يمكن أن تظهر هذه المعلومات على مخطط كنتوري (متساوي الأبعاد) (شبيه بشكل ٣٨) أو على

زوج من مخططات ممرات الشمس مركبين أحدهما فوق الآخر (الشكل ٦٤) كما هو موضح في ٢,١٤ ,٤ ، بالرغم أنه يمثل هنا قيم درجات الحرارة فقط التي سوف تستعمل وليس درجات الحرارة المؤثرة.

وللتعريف بدلالة درجات الحرارة المؤثرة في الساعة، فان قيم كل شهر من السنة تكون ضرورية. ويمكن تقرير ذلك وان لم تتوافر معلومات أكبر من تلك التي يحويها الجدول ماهوني رقم ١. وتتخذ الخطوات التالية لذلك :

أ ) خذ معدل درجة الحرارة القصوى (DBT) وقيم الرطوبة بعد الظهر لكل شهر (الجدول ماهوني ١). إقرأ درجات الحرارة الرطبة المناظرة (WBT) من مقياس رطوبة الجو (الشكل ١٢).

| | |
|---|---|
| على سبيل المثال اذا كانت | DBT = 22°C |
| و | RH = 60% |
| اقرأ | WBT = 17°C |

ب ) باستعمال مخطط درجات الحرارة المؤثرة (الشكل ٣٠)، بافتراض أنه لا توجد حركة هواء، اقرأ قيم درجات الحرارة المؤثرة (ET) ، التي هي درجة الحرارة المؤثرة القصوى لليوم.
وعلى سبيل المثال صل DBT 22° C مع WBT 17°C فيقطع منحنى خط سرعة الهواء المساوي صفراً في 25 °C ET

جـ) كرر ذلك لمتوسط درجات الحرارة الدنيا والرطوبة صباحاً، لايجاد درجة الحرارة المؤثرة الدنيا للنهار.

د ) بالعودة الى الشكل (٣٧) وأسس قيم درجات الحرارة المؤثرة (لكل ساعتين). إن استعمال هذا المخطط موضح بالتفصيل في ٢,٣,٨ .

إن جدولا مثل ذلك الموضح في الشكل ٣٨، يمكن أن يساعد في عمل هذه الحسابات. وتنقل هذه القيم الى المخطط الكنتوري أو الى زوج من مخططات ممرات الشمس مركبين على بعضهما كما هو موضح في ٢,١٤ ,٤ والشكلين ٣٨ و ٦٤.

إن التعريف بدلالة درجة حرارة الشمس ـ الهواء يتطلب إنتاج المخطط الكنتوري لدرجات حرارة الشمس ـ الهواء لكل توجيه. وكل منها سوف يعتمد على شدة الأشعة الساقطة. إنها عملية طويلة جداً ولكنها بالتأكيد أكثرها دقة. (ويمكن استعمالها لتعريف زمن التخلف المرغوب، كما هو موضح في ٨,٢,٩). ويمكن ضمان تنفيذها بمشروع مهم أو بتكرار المشاريع، أو اذا كان هنالك عدة مشاريع تنفذ في بعض المواقع. إن قيم درجات حرارة الشمس ـ الهواء سوف تحسب مرة واحدة فقط. ولبعض المواقع فان المعطيات متوافرة على شكل مطبوع ومنشور؛ إذ إنّها تستعمل بشكل واسع لمهندسي تكييف الهواء.

٨,٢,١٢ لتوصيف أداء نبائط التظليل المطلوبة، لا بد من تحديد زوايا التظليل العمودية الأفقية. ان العملية تعتمد على مجموعتين من المعلومات هما:

زوايا التظليل

١ . فترة تظليل محددة أو معرفة.
٢ . التوجيه المقرر

وتحتوي استعمال مخططات ممرات الشمس (ملحق ٨) ومنقلة زوايا التظليل (في الغطاء الخلفي). وقد نوقشت هذه بالتفصيل في ٨,٢,١٢ الى ١٤ ويمكن تلخيص ذلك خطوة خطوة كما يلي:

أ ) اختر مخطط ممر الشمس المناسب لخط العرض.

ب ) ارسم فترة التظليل على ورق شفاف وضع هذا على مخطط ممر الشمس. وحيث أن كل منحنى افقي يعبر عن يومين، علم كلا الخطين. وبشكل عام يجب تبني التغطية العريضة، وحيث يمكن استعمال المساومة الذكية.

جـ) ضع المنقلة على المخطط، بحيث يقطع خط أساسها المركز وخط المحور باتجاه التوجيه المرغوب.

د ) فيكون جزء وقت التظليل الواقع خلف خط الأساس (خلف الواجهة المعتبرة) مهملا.

هـ ) اختر مجموعة من زوايا التظليل الأفقية والعمودية، موضحة قناع التظليل

(Shading mask) ، والتي سوف تغطي مساحة فترة التظليل بقدر الامكان. ان هذه الخطوة موضحة بالتفصيل في الشكل ٦٥.

و ) وفي معظم الأحوال، يمكن ايجاد عدد من زوايا التظليل الأفقية والعمودية المختلفة لتغطي فترة قناع التظليل.

فاذا كان كذلك، فلا بد من كتابة بعض البدائل، لاعطاء حرية اختيار واسعة لمرحلة تصميم العناصر. وعلى سبيل المثال فان بعض فترات التظليل سوف تحجب باحدى الزوايا التالية:

| | | |
|---|---|---|
| ١ . زاوية عمودية | ١٦° | ε = |
| ٢ . زاوية عمودية | ٤٠° | ε = |
| وزوايا أفقية | ٤٧° الى ـ ٨° | δ = |
| ٣ . زاوية عمودية | ٦٠° | ε = |
| وزاويا أفقية | ١٧° الى ٥٩° | δ = |
| ٤ . زاوايا أفقية | ٧٠° الى + ٩٠° | δ = |

٨,٢,١٣ التهوية وحركة الهواء

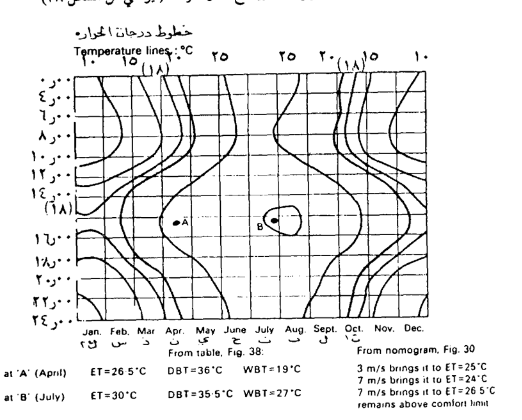
إن التهوية، أي تزويد الهواء النقي، ضرورية تحت أي ظرف من الظروف، وان تقدير المتطلبات والتزويد الضروري قد نوقشت في ٤,١,٦ و٤,٣,٢. وهي ضرورية اذا كان المبنى مقفلا بصفة أساسية، كما هو الحال في المناخ الحار الجاف. ولن تؤثر في هذه الحالة بشكل كبير على شكل المبنى .

وقد نوقشت التهوية، كوسيلة للتبريد بالحمل، في ٤,١,٨ و٤,٣,٣. وتكون مؤثرة فقط إذا كان الهواء الخارجي أبرد من الهواء الداخلي بشكل واضح، ولهذا فانها نادراً، ما تستعمل في المدارس.

إن حركة الهواء خلال المبنى، مقارنة بالتهوية، أساسية في المناخات الدافئة الرطبة. وقد أكد ماهوني في الجدول (٣)، بند ٦ على تأكيد حركة الهواء خلال المبنى. والآن، في مرحلة التطوير، يجب تحويل التوصيات إلى كميات. إن أفضل الأسس لذلك هو مخطط درجات الحرارة الكنتورية، الموضح في ٨,٢,١١، أ ـ د .

وإن قيم درجات الحرارة المؤثرة قد حسبت للهواء الساكن. ان الشكل (١٧٢) يكرر الشكل ٣٨، ولكن باضافة علامات تمثل حدود الراحة العليا والدنيا، عندما تزيد قيم درجات الحرارة المؤثرة الحد الأعلى من منطقة الراحة، بالرجوع الى مخطط درجات الحرارة المؤثرة (الشكل ٣٠) يمكن تأسيس ما هي سرعة الرياح التي تنزل درجة الحرارة المؤثر إلى القيمة المقبولة.

الشكل (١٧٢): خطوط درجات الحرارة المؤثرة المتساوية مع حدود الراحة (نيودلهي من الشكل ٣٨)




هنالك طريقة يمكن أن تعتمد على مخطط النشاط. عندما يكون منحنى درجة حرارة الهواء أعلى من حد الراحة العلوي، فان حركة الهواء تكون ضرورية. عند تأسيس درجة الحرارة الزائدة فوق منطقة الراحة. ويمكن الرجوع الى مخطط المناخ الحيوي على سبيل المثال:

١,. م/ث تعادل ١,٥ درجة م

١م/ث سوف تعادل ٥,٥ درجة م (برطوبة متوسطة)

ويوضح الشكل ٢٩ درجة حرارة ٢٠°م كحد أعلى للراحة. فان حد الـراحـة المعطى في الجدول ماهوني رقم ٢ يجب أن يستعمل، ولكن فترات درجـات الحـرارة المعطاة في الشكل ٢٩ لتأثير سرعة الهواء المختلفة ما زالت مستعملة (ليس بدرجة الحرارة المئوية موقع على المقياس ولكن ب درجة م، كمسافة أو فترة على المقياس).

وبذلك يمكن تحديد سرعة الهواء التي يجب استعمالها في الداخل، على سطح الجسم. وتكـون الخطوة الثانية هي تحديد سرعات الهواء السائدة في الفترة نفسها. وبعد ذلك فان تصميم الفتحات يمكن وضعه في الاعتبار.

وفي الجـدول ماهوني رقم ١ سجلت اتجاهات الرياح، وبذلك يجب الرجوع الى معطيات المناخ، لتأسيس سرعات الرياح. وعلى أساس المعلومات الموضحة في ٤,٣,٧ وما بعدها، وخصوصاً، في ٤,٣,١٣، يمكن تصميم الفتحات ونبائط التحكم.

لسوء الحظ، فقد وجد أن درجات الحرارة العليا عادة ما تتوافق مع أقل كمية من النسيم. وحيث أن ذلك سيكون الموقع الحرج، فان أفضل ما يعمل هو تزويد المبنى بفتحات كبيرة بقدر الامكان وبلا حواجز، ليكون المبنى نفاذاً للهواء بالقدر العملي المنظور.

ويجب أن تبدأ التحليلات جميعها من هذه النقطة. فاذا ما اكتشف ان مثل هذا التوافق لدرجات الحرارة القصوى والحد الأدنى من الرياح هي الحالة السائدة، فقد وجب اتخاذ مزيد من التحليلات.

إن مشكلة التنـاقص في متـطلبات التوجيه للهواء وحجز الشمس قد نوقشت في ٧,٢,٣ وأشير اليه ثانية في ٨,٣,٣، بند ٦.

## ٨,٣ مرحلة تصميم العناصر

٨,٣,١ الهدف
٨,٣,٢ الجدول ماهوني رقم ٤
٨,٣,٣ تضخيم البنود
٨,٣,٤ نبائط التظليل
٨,٣,٥ الحوائط والأسقف
٨,٣,٦ المنشآت ذات زمن التخلف الطويل
٨,٣,٧ الفتحات
٨,٣,٨ التماسك

---

**٨,٣,١ الهدف**

عندما تتم الموافقة على فكرة التصميم العامة، ويكون التصميم قد طور الى مرحلة يكون فيها كل شيء عاملا، ليس فقط من وجهة المناخ، ولكن من وجهات أخرى، فانه يجب اعادة اختبار كل عنصر، على مستوى تفصيلي أقرب، لتحديد شكل كل عنصر ومقاسه بدقة أكبر.

ومن الممكن أن يحدث في مرحلة التطوير، تطوير الحلول المناخية الصحيحة، أو المساومة عليها أو حتى إهمالها من أجل بعض العوامل الأخرى، مثل متطلبات الانشاء أو التركيب أو الاقتصاد أو التخطيط. ولهذا، فان اعادة الاختبار الآن يمكن أن تؤدي الى تصميم العناصر التي يمكن أن تحسن (اذا لم تكن مثلى) أداء المبنى للمناخ، بينما تتقبل العناصر غير المناخية المفروضة.

وبهذا فان لمرحلة تصميم العناصر هدفين رئيسيين :

١ . لتحديد شكل ومقاسات العناصر التي لم تصمم بعد ولا يوجد لها سوى مواصفات أداء.

٢ . لاعادة النظر في عناصر قد تمّت الموافقة عليها مسبقاً، عندما سببت تغييرات التصميم بعض الشك في أدائها المناخي.

وتسهيلا لذلك يمكن مراجعة الجدول ماهوني رقم ٤ مراجعة عامة، ويراجع لذلك ٨,٣,٢ و٣. وفي الأجزاء اللاحقة سنراجع بعض الأساليب اللازمة لتصميم عناصر المبنى.

٨,٣,٢ الجدول ماهوني رقم ٤

ويمثل الجدول ماهوني رقم ٤ امتداداً لمجموعة من الجداول الموضحة في ٨,١,٥ الى ١١، التي تعطي مواصفات لتصميم عناصر المبنى. ويبين الشكل ١٧٣ هذا الجدول، ولكنه مشمول في مجموعة الجداول ماهوني المبينة في الملحق رقم ١١.

يحتوي العمود الأخير من الجدول توصيات ليست مظاهر من عناصر المبنى

حجم الفتحات

مكان الفتحات

حماية الفتحات

الحوائط والأرضيات

الأسقف

المظاهر الخارجية

إن التوصيات مرقمة، وقد أوجزت بايضاح في العمود الأخير من الجدول ٤. وقد وضحت البنود في ٨,٣,٣. وعند استخدام الجدول تؤخذ الخطوات التالية:

أ ) أعد المؤشرات الكلية في السطر الأول، كما هو في الجدول ٣.

ب ) عندما يقع مجموع المؤشرات بين القيم المعطاة أسفلها في العمود نفسه، ضع اشارة مقابل البند الى اليمين، في السطر نفسه.

جـ) البنود المتعلقة بالمظهر نفسه تستثنى بالتبادل ـ فقد يتكرر مواصفات واحد في أربعة من المظاهر الستة (المستثنى هو حماية الفتحات والمظاهر الخارجية).

٨,٣,٣ تضخيم البنود

اذا تعارضت التوصيات الواردة في الجدولين ٣ و ٤ فان التوصيات الواردة في الأخير يجب أن يكون لها الأولوية .

**الشكل (١٧٣) : جدول ماهوني رقم ٤ Detail recommendations**

TABLE 4

Detail recommendations

| Indicator totals from table 2 مجموع المؤشرات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |
| | | | | | |

**Size of opening** حجم الفتحات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Recommendation | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ١ر٠ | | صفر | | ١ | Large: | 40-80% | واسعة ٨٠ |
| | | | | | ١٢_١ | | ٢ | Medium: | 25-40% | متوسطة |
| | | | ٢_٥ | | | | | | | |
| | | | ١٠_٦ | | | | ٣ | Small: | 15-25% | صغيرة |
| | | | ١١,١٢ | | ٣_٠ | | ٤ | Very small: | 10-20% | صغيرة جداً |
| | | | | | ١٢_٤ | | ٥ | Medium: | 25-40% | متوسطة |

**Position of openings** أماكن الفتحات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Recommendation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١٢_٣ | | | | | | | ٦ | In north and south walls at body height on windward side في الشمال والجنوب بارتفاع الجسم |
| ٢_١ | | | ٥_٠ | | | | | |
| | | | ١٢_٦ | | | | ٧ | As above, openings also in internal walls كالسابق : فتحات أيضاً في الجدران الداخلية |
| صفر | ١٢_٢ | | | | | | | |

**Protection of openings** حماية الفتحات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Recommendation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ٢_٠ | | ٨ | Exclude direct sunlight استبعاد الأشعة الشمس المباشرة |
| | | ١٢_٢ | | | | | ٩ | Provide protection from rain الحماية من الأمطار |

**Walls and floors** الجدران والأرضيات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Recommendation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٢_٠ | | | | ١٠ | Light, low thermal capacity خفيفة ذات سعة حرارية قليلة |
| | | | ١٢_٣ | | | | ١١ | Heavy, over 8 h time-lag ثقيلة زمن تخلف فوق ٨ س |

**Roofs** الأسقف

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Recommendation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٢_٠ | | | | ١٢ | Light, reflective surface, cavity خفيفة عاكسة مفرغة |
| ١٢_١٠ | | | ١٢_٣ | | | | ١٣ | Light, well insulated خفيفة معزولة جيداً |
| ٠ر٩ | | | ٥_٠ | | | | | |
| | | | ١٢_٦ | | | | ١٤ | Heavy, over 8 h time-lag ثقيلة، زمن تخلف فوق ٨ س |

**External features** المظاهر الخارجية

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Recommendation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ١٢_١ | | | ١٥ | Space for out-door sleeping ساحات النوم الخارجي |
| | | ١٢_١ | | | | | ١٦ | Adequate rainwater drainage سيول مطر كافية |

**حجم الفتحات**

١ . يجب أن تكون متسعة، ٤٠٪ الى ٨٠٪ من مساحة الحائط . تطبق عندما تكون الحاجة الى تخزين حراري لزمن لا يزيد عن شهر واحد ($A_1$) ولا يكون هناك فصل بارد ($A_3$) .

٢ . تكون متوسطة، ٢٥٪ الى ٤٠٪ من مساحة الحائط، تطبق عندما تكون الحاجة الى تخزين حراري لوقت لا يزيد عن شهر واحد ولا يكون هنالك فصل بارد ـ أو عندما تكون الحاجة إلى تخزين حراري لشهرين ـ خمسة شهور.

٣ . صغيرة، ١٥٪ الى ٢٥٪ من مساحة الحائط. عندما تكون الحاجة الى تخزين حراري ل ٦ الى ١٠ أشهر.

٤ . صغيرة جداً، ١٠٪ إلى ٢٠٪ من مساحة الحائط . تطبق عندما تكون الحاجة الى تخزين حراري في معظم أيام السنة (١١ الى ١٢ شهراً) ولا يزيد الفصل البارد عن ٣ أشهر.

٥ . ويوصي باستخدام فتحات صغيرة أيضاً عندما تكون الحاجة الى تخزين حراري في أثناء السنة جميعها ويكون دخول الشمس مرغوباً فيه في الفصل البارد لفترة لا تزيد عن ٤ أشهر.

**مكان الفتحات**

عندما تكون حركة الرياح ($H_1$) أساسية لمدة ٣ أشهر أو أكثر، أو لفترة أقل وتكون الحاجة الى تخزين حراري لفترة أقل من نصف السنة ($A_1$) فانه لا بــد من الفتحات لتوجيه النسيم الى السكان (انظر ٤,٣,٧ وما بعد والشكلين ٧٣ الى ٧٦). يفضل أن توجه الى الشمال والجنوب . ولكن في هذه الحالة يمكن أن يكون لاتجاه الرياح الأسبقية بالنسبة لتوجيه الشمس.

٧ . عنـدما تكون حركة الرياح أساسية لشهر أو شهرين فقط وتكون الحاجة الى تخزين حراري لأكثر من ٦ أشهر أو عندما يكون تدفق الهــواء أساسياً، ومرغوباً فيه لشهرين فقط أو أكثر ($H_2$) ـ فانه يمكن للغرف أن تكون مزدوجة (على صفين)، بحيث يكون في الحوائط الداخلية فتحات كافية . فيكون التوجيه الأمثل للشمس (شمال وجنوب) أولى من التوجيه بالنسبة للهواء.

**حماية الفتحات**

٨ . يوصى بحجب أشعة الشمس كلياً في اثناء السنة، اذا لم يكن هناك فصل بارد أو عندما

لا يستمر لأكثر من شهرين. أما إذا كان الفصل البارد أطول، فان فترة التظليل تحدد كما هو موضح في ١١, ٢, ٨. بحيث يجب السماح للشمس بالدخول في الفترة الباردة.

٩. يجب حماية الفتحات من دخول الأمطار عندما يزيد تساقط الأمطار عن ٢٠٠ مم في الشهر ($H_3$). وللحماية المناسبة انظر ١٤, ٣, ٤. والشكل ٨٠.

ملاحظة: يجب اختيار البندين ٨ و ٩ ان كانت تتأثر بتدفق الهواء. انظر ٤ ـ ٣ ـ ١٣ والأشكال ٧٧ الى ٧٩.

الحوائط والأرضيات

١٠. عندما يكون التخزين الحراري مطلوباً ($A_1$) لمدة شهرين أو أكثر، تكون الحوائط الخارجية خفيفة مفضلة. يمكن أن تكون الحوائط من طوب مفرغ، بفراغات أكبر من ٤٠٪، أو حوائط غير سميكة، مثل ٥٠ مم خرسانة كثيفة، أو حوائط من صفائح تحتوي على فراغ (يمكن أن تكون الأخيرة ملجأ للحشرات والهوام). يجب أن تكون الأسطح الخارجية عاكسة.

١١. عندما تكون الرغبة في تخزين الحرارة لمدة اكثر من شهرين، فانه يوصي بحوائط خارجية ثقيلة. ويمكن عمل الحوائط من طوب مسمط، وحدات خرسانية أو خرسانة أو طوب طيني بسماكة ٣٠٠مم. وقد تكون السماكة مقبولة اذا كانت في حدود ١٠٠ ملم. ولكنها يجب أن تعزل من الخارج (انظر ٢, ٣, ٣، والشكل ٤٢ وملحق ٦).

الأسقف

١٢. اذا امتدت الحاجة الى حركة هواء ($H_1$) لمدة ١٠ الى ١٢ شهراً، وكان التخزين الحراري لأقل من شهرين، فيجب استعمال سقف خفيف. ويجب أن لا يزيد زمن التخلف بأي حال من الأحوال عن ٣ ساعات. يجب أن يكون سطحها عاكساً وذا عزل جيد. ويكون الفراغ ضمن السقف أو ازدواجية السقف. وتكون قيمة U للسقف والسطح في حدود ($1 W/m^2 egC$).

١٣. بمتطلبات حركة هواء مشابهة، اذا كانت متطلبات تخزين الحرارة لأكثر من ثلاثة أشهر ـ أو لمتطلبات حركة هواء أقل من ٩ أشهر وتكون الحاجة الى تخزين حراري لمدة أقل من ٥ أشهر ـ فان السقف يجب أن يظل خفيفاً، وعزله في هذه الحالة مهم جداً. ويوصي باستعمال قيمة U لا تزيد ($0.8 W/m^2 legC$) يمكن الحصول على مثل هذا الأداء بصفائح خارجية عاكسة، وفراغ وسقف يحتوي على الأقل على ٢٥ مم مادة عازلة وسطح علوي عاكس (صفائح المنيوم، على سبيل المثال).

١٤. وفي جميع الأحوال الأخرى يجب استعمال سقف كتلي، وزمن تخلف مدته ساعة او أكثر (انظر ٣ ـ ٣ ـ ٢، والشكل ٤٣ وملحق ٦).

١٥ .عندما يكون المؤشر $A_2$ واحداً فأكثر، فلا بد من عمل فراغ خارجي للنوم وغالبا ما يكون ذلك على السطح وفي هذه الحالة يجب أن يكون السقف قوياً بحيث يحتمل السير عليه.

١٦ .واذا كان المطر كثيفاً ($H_3$) ولو لمدة شهر واحد من السنة، فانه يجب عمل تصريف مناسب للمطر. ويجب الابتعاد عن الماء الراكد (المزاييب المستوية) لأن ذلك يكون مأوى مناسباً للبعوض. وفي المباني رخيصة التكاليف فان المزاييب في مستوى السقف أو الرفاريف للتخلص من الماء تكون مقبولة ولاسيما اذا كانت الحوائط محاطة بممشى خرساني أو وزرة بعرض ٥٠ر.م، تميل بعيداً عن المبنى.

٨،٣،٤ نبائط التظليل

لقد وصفت متطلبات التظليل في (٨،٢،١٢) بدليل زوايا التظليل أو حواجز الظلال، وبذلك فليس هنالك صعوبة في تصميم العناصر الحقيقية، أو نبائط التظليل ويمكن تقسيمها إلى أربعة أقسام رئيسية :

أ ) معلقة مفردة (فوق الفتحة)، ظلة (برانيط) أو مظلات

ب ) وحدات أفقية (معلقات متكررة : شفرات أباجور).

جـ) وحدات عمودية متكررة : شفرات عمودية.

هـ ) نبائط افقية أو عمودية معاً : مثل الطوب أو الوحدات الزخرفية المفرغة.

وقد مرت المعلومات الضرورية اللازمة لتصميمها في ٤,٢,١٣ والأشكال ٦٠ الى ٦٣. وهنالك، على كل حال، عوامل أخرى تؤثر على تصميمها، غير تلك المتعلقة بأداء التظليل، كالمواد، وطرق التركيب والتكاليف التي تعتبر أهم الأسباب، ولكن هنالك عوامل أخرى تعتمد على نية المصمم، مثل :

١ . يمكن أن يكون الخيار باستعمال كاسرات افقية أو عمودية. الأولى يمكن أن تسمح برؤية الأرض حتى الأفق والثانية تحجب جميع المناظر (أمام الشباك) ما عدا جهة واحدة بزاوية حادة جداً. ألهذا المنظر قيمة ـ سؤال منطقي.

٢ . إن ظلة مفردة يمكن أن تلقي الظل المطلوب، ولكن استعمال حاجز من وحدات (خرسانية أو من الطوب) أفقية وعمودية، تعطي أداء مشابهاً

يمكن أن يخدم أهدافاً أخرى في الوقت نفسه، كتحديد بصري لفراغ (فراغ ذو عنصر مقفل)، وحماية من اللصوص ويمكن أيضاً أن تعطي تحكماً أفضل بضوء النهار.

وهنالك بعض أشكال الانشاء تزود المبنى ببعض أنواع النبائط مثل :

أ ) اذا كان هنالك أعمدة ظاهرة، أمكن تركيب بعض النبائط الأفقية بين هذه الأعمدة، ولكن إضافة أنواع أخرى من النبائط قد تسبب بعض الصعوبات وتزيد في التكلفة.

ب ) إذا كان السقف مكوناً من بلاطة خرسانية مسلحة، مع بروز رفراف حوالي ٠,٥٠ م، وكانت النافذة مرتفعة، وقمطها على مستوى السقف، فان امتداداً بسيطاً لبلاطة السقف يمكن أن يحل معضلة التظليل. ويمكن أن يكون هذا الحل ذا فائدة انشائية ولكنه قد يحجب المنظر ويؤثر تأثيراً عكسياً على حركة الهواء (انظر ٤,٣,١٣).

ويجب أن تحقق هذه العناصر المتطلبات التي وضعت من قبل، التي يمكن أن تختار زوايا التظليل من خيارات وتوفيقات (بين الزوايا العمودية والأفقية) مختلفة وبحيث تؤدي إلى تحقيق متطلبات التظليل، وكل ذلك يكون المصمم حر التصرف به.

٨,٣,٥ الحوائط والأسقف

يجب أن يكون الأداء الحراري المطلوب للحوائط والأسقف قد حدد مسبقاً، اما في مرحلة التحليلات المتقدمة (على الأقل بشكل بنود عامة، كاستعمال، جدول ماهوني رقم ٣، بنود ١٢ إلى ١٥، كما هو موصوف في ٨,١,١١، أو في مرحلة التطوير، كما نوقش في ٨,٢,٨ و ٩. فاذا لم يحدث ذلك، او اذا كان هنالك شعور باعادة التأكيد، فان الجدول ماهوني رقم ٤ مناسب لتأسيس الأداء المطلوب.

وعندما يوصف الأداء على شكل قيمة U وعلى شكل قيمة زمن التخلف، فان اختيار المادة الفعلية (أو المواد) وطريقة الانشاء يجب أن تتبع. وهذا واضح أنه هدف لمرحلة تصميم العناصر.

ويمكن حساب قيمة النفاذية أو قيم U بسهولة تامة لأي انشاء مركب،

باتباع الطريقة الموضحة في ١٠ , ١ , ٣ و١١ . إن المعطيات الأساسية الضرورية لهذا، مثـل قيمة الموصلية (قيم K ) للمواد، ومقاومة الفراغات والأسطح، يمكن ايجادها في الملحق ٥ . والملحق ٤ , ٥ يبين، على كل حال، قيم U نفسها لمعظم عناصر الانشاء التي تستعمل عادة في المباني .

إن تعـريف زمن التخلف (time-lag) لعنصر إنشائي متجانس عملية سهلة تماماً ـ ويمكن قراءتها من المنحنى في الشكل (٤٣) . وأما حساب زمن التخلف لعناصر إنشائية مركبة فهو عملية طويلة معقدة . ويمكن أن يعتمد في الأحوال العملية على المعطيات المطبوعة، مثل تلك المعطاة في الملحق ٦ . وفي ما يلي بعض الخطوط العريضة :

٨,٣,٦ المنشـآت ذات زمـن التـخلف الطويل الأسطح

سنوضح الأمثلة للمنشآت التي تحقق زمن تخلف طويل سنوضحها فيما بعد : المتطلبات : قيمة U = أقل من ٢ واط/م٢ درجة مئوية .

زمن التخلف = أكثر من ٨ ساعات

١ . الامتصاص كحد أقصى = ٠,٥٠

٣٠٠ مم طوب ، طوب طيني، أو وحدات اسمنتية طينية أو اسمنتية رملية

٢ . الامتصاص : كحد اقصى ٠,٥٠ .

١٠٠ مم وحدات مفرغة أو خفيفة، فراغ كحد أدنى ٢٥ مم + ١٠٠ وحدات خرسانية مسمطة .

٣ . الامتصاص كحد أقصى ٠,٥٠ .

أي ألواح معدنية، فراغ ٢٥ كحد أدنى + ٢٠٠ مم وحدات خرسانية مسمطة .

٤ . الامتصاص كحد أقصى ٠,٧٥ .

أي ألواح معدنية، ٢٥ ملم بولسترين ممدد + ١٠٠ مم وحدات خرسانية مسمطة .

الأسقف

المتطلبات : قيمة U = أقل من ٠ر٨٥ واط/م٢ درجة مئوية

زمن تخلف = اكبر من ٨ ساعات

١ . ٧٥ مم بلاطة شمسية (بلاط خرساني، مع فراغ ٧٥ مم تحته) + طبقتين

من الاسفلت + ٥٠ مم طبقة من الاسمنت والكام + ١٠٠مم بلاطة خرسانية مسلحة.

٢. ٥٠ مم شرحات بيضاء من القار + ٤٠ مم بولسترين ممدد + ١٠٠ مم بلاطة خرسانية مسلحة.

٣. صفائح من الألمنيوم الممّوج + فراغ صغير + ٤٠ مم بولسترين ممدد + ٥٠ مم بلاطة خرسانية مسلحة.

٨,٣,٧ الفتحات

لقد أعطيت بعض المواصفات للفتحات في مرحلة التحاليل المتقدمة (الجدول ماهوني رقم ٣، في ٨,١,١٠). وفي مرحلة التطوير وضعت مواصفات أدق. (٨,٢). وفي مرحلة تصميم العناصر يقدم الجدول ماهوني رقم ٤ فرصة أخرى للتأكد من التوصيات المقدمة سابقاً. والآن، عندما نأتي إلى تصميم الفتحات الفعلي، كعنصر في المبنى، هنالك معايير مختلفة مما تقدم يجب أن تجمع وهي :

الحجم
المكان والتوجيه
العناصر القابلة للقفل (الزجاج، الأباجورات.. الخ)
نبائط التظليل المصاحبة
حواجز الذباب والحشرات
نبائط الأمان مثل حديد الحماية

كل هذه العناصر تؤثر بعضها في بعض. إن الفتحات مع نبائط التحكم الخاصة بها، يجب أن تحقق المتطلبات التالية:

التهوية وحركة الريح
التسكير لمنع الهواء في بعض الأحيان
السماح لضوء النهار والتحكم بالابهار
تجنب حرارة الشمس
الحماية من الحشرات واللصوص
تأثير البصر والمنظر

ربما تكون الفتحات أكثر الأهداف التصميمية صعوبة وتعقيداً. ان

الاعتبار الدقيق، ووزن المتطلبات السابقة يعتبر ضرورياً قبل أن يبدأ المصمم بالعمل.

إن عوامل المناخ تبين أهم المتطلبات السابقة. وعندئذ يمكن تصميم الفتحات ضمن هذه الأسس. وعندما يتم تحقيق جميع العوامل (مثل الأباجورات، كاسرات الشمس، حواجز الحشرات ومصبعات الحماية) بات على المصمم التأكد ثانية مما إذا كانت المتطلبات الأساسية (على سبيل المثال، حركة الهواء) ما زالت تتحقق بكفاءة. فقد يكون بعض التعديل ضرورياً (مثل زيادة المساحة للسماح بحجب جزئي).

قد نوقش اعتماد الاضاءة النهارية على ظروف المناخ في ٥,٢,٢ و ٥,٢,٦ الى ٨. عندما تعتبر مع، ربما، متطلبات التهوية، فقد تبرز بعض الملاحظات المهمة.

إن المساحة اللازمة لدخول الضوء، في المناخات المعتدلة، يجب أن تكون أوسع منها للتهوية. فيكون الحل فتحة كاملة التزجيج، مع وجود بعض الزجاج الثابت (ليس كله) أو البعض قابل للفتح. ولكن في المدارين، وخصوصاً في المناخات المركبة، فان العكس هو الصحيح. تكون الحاجة إلى مساحات أوسع للتهوية منها للاضاءة النهارية. فيكون الحل فتحات متسعة، قابلة للفتح جميعاً مع وجود بعض النبائط تقفل تماماً وبعضها أباجورات غير شفافة

ويمكن أن تحقق أفضل الحلول وأكثرها أصالة من خلال تطبيق مبدأ فصل الوظائف. وبدلا من محاولة تصميم نافذة تحقق الوظائف الستة السابقة، يمكن للمرء أن يعطي أربع مجموعات من النوافذ: الأولى لضوء النهار والثانية للتمتع بالمنظر الخارجي والثالثة لحركة الهواء والرابعة، في حالة الحاجة إليها، للتهوية. الجميع بحاجة للحماية من أشعة الشمس المباشرة واللصوص والحشرات.

إن هذا الفصل للوظائف يمكن أن يضع حداً لعهد طويل من «الشيء الصالح لكل المناسبات» وهو النافذة التقليدية. يمكن أن تصبح خطوة مهمة باتجاه معجم حديث ـ وأساس في العمارة.

إن الغشـاء الذي يفصل بين الفراغ الداخلي عن الفراغ الخارجي في المناخات المدارية الحارة الجافة، سوف يتكون عندئذ من أربعة عناصر هي :

١ . مساحة حوائط ثقيلة وسعة حرارية مناسبة .
٢ . فتحات ذات أباجورات ثقيلة، محصنة ضد اللصوص والبعوض قريبة من الحوائط والسقف للتبريد الليلي،
٣ . مساحة حائط نصف شفافة (للاضاءة النهارية)، مكونة من طوب زجاجي مفرغ أو من بلاستك قابل لتمرير الضوء .
٤ . إطـار صغـير للنظر (مكون من زجاج مزدوج أو من ثلاث طبقات زجاج ومحمي من أشعة الشمس المباشرة) والذي يكون مشكلا وموضوعاً بعناية لاعطاء أفضل اتصال بصري بالعالم الخارجي .

وهناك عنصر خامس لا يشكل بالضرورة جزءاً من الغشاء الخارجي . ألا وهو مجموعة من الفتحات المتحكم بها متصلة بمدخنة للتهوية النهارية .

وفي المناخات الحارة الجافة المدارية، يكون العنصر رقم ١ الأوسع في المساحة . وفي المناطق الدافئة الرطبة، فان العنصر رقم ٢ سوف يكون أوسع ويمكن الاستغناء عن العنصر الخامس كلياً .

٨،٣،٨ التماسك إن التماسك في التفاصيل مبدأ قديم في العمارة . ويجب تصميم كل تفصيلة ضمن الحل الكلي، ويجب أن تعكس، فكرة التصميم الكلية بدورها .

ولما كانت هذه صحيحـة بشكـل عام، فانها صحيحـة أيضاً ومهمة للتصميم المناخي . إنها لا تتضمن فقط تماسكاً شكلياً، ولكن تتضمن أيضاً تماسكـاً في الـوظيفة . وعلى كل حال، إن كان الحل النهائي بالنسبة للمناخ جيداً، وكانت التفاصيل سيئة، فيمكن لذلك أن يقضي على أداء المبنى . وإذا كان الحل الكلي بالنسبة للمناخ (الظروف خارجية قاسرة) ليس صحيحاً تماماً لسبب أو لآخر، فان التفاصيل المدروسة الجيدة يمكنها أن تجعل المبنى مقبولا، فان لم تحقق الراحة، فانها على الأقل تلطف ظروف عدم الراحة .

ويتمثـل الحـل المثـالي، عنـدما تكون في خلق ظروف راحة للانسان ولنشاطاته . وذلك عندما تكون الفكرة الكلية والتفاصيل قد شكلت للغرض نفسه .

## ٨,٤ المجسمـــات والمناظـــرة

٨,٤,١ النمـاذج
٨,٤,٢ وسائل التصميم ووسائل التقييم
٨,٤,٣ الرسـومات
٨,٤,٤ نفـق الريـــاح
٨,٤,٥ مجسم مجال الشمس
٨,٤,٦ السمـاء الصناعيـة
٨,٤,٧ مناظير تدفق الحرارة
٨,٤,٨ الحاسبـات
٨,٤,٩ جداول ماهوني المنسقة في الحاسوب
٨,٤,١٠ التطويرات الاضافيـة

---

٨,٤,١ النماذج

تستعمـل كلمـة نمـوذج هنا بمعنى عام، أي تمثيل نظام بآخر، أي تشبيهها من وجهة النظر المعطاة. وبهذا المعنى يمكن أن نتحدث عما يلي :

١ . رسومات، تمثيل الأجسام ذات الأبعاد الثلاث برسومات ذات بعدين.

٢ . مجسمات فيزيائية، عمل أجسام بمقاسات صغيرة، لهدف معين، يمكن أن تمثل :

البعد البصري

الانشاء

ولدراسات تدفق الهواء

ولدراسات الاضاءة، الخ

جـ) المشابهة، مثل مشابهة تدفق الحرارة أو الكهرباء، أو مشابهة خيط أو حبل لنموذج حركة. وتقع محاكاة الحاسبات تحت هذا البند.

د ) النماذج الرياضية وتمثل أي نظام. ويمكن لهذا أن يستعمل مع الحاسبات أو دونها.

٨،٤،٢ وسائل التصميم والتقييم

تنقسم هذه النماذج الى بابين عريضين من حيث استعمالها:

١ . وسائل التصميم، حيث لا تكون هنالك حاجة لفرضيات حيث يأتي الحل من خلال التحليلات باستعمال المجسم، أي التحليلات المتقدمة. وتُعَدُّ طرق الأنظمة المثلى والحساب من وسائل التصميم.

٢ . وسائل التقييم، حيث تكون الحاجة لعمل بعض افتراضات التصميم، التي تمثل حينئذ بواسطة مجسم وتختبر، وتؤدي إلى بعض التعديلات، أي الى تحليلات رجعية. ويقع تحت هذا العنوان بعض طرق الصح والخطأ وبرامج الحاسبات المتكررة.

وقد تستعمل في مناسبات كثيرة الوسائل نفسها للتقييم في خطوة وللتصميم في الخطوة التالية.

٨،٤،٣ الرسومات

إضافة إلى كونها أكثر وسائل الاتصال العامة في العمارة والمباني، فان الرسومات تستعمل عادة من المصمم كوسيلة مساعدة في التصميم. وفي حالات كثيرة يستعمل المصمم الرسومات (رسومات باستعمال الأدوات أو مجرد كروكيات) لاختبار أو تقييم فكرة ما من وجهة نظر المنظر أو الانشاء تساعده في الاجابة على الأسئلة: كيف يبدو ذلك؟ أو كيف يعمل؟

٨،٤،٤ نفق الرياح

وفي العادة تستعمل النماذج والماكينات لتقريب صورة مشروع ما للحس المرئي. فاذا كان المقياس مناسباً، فان المجسم نفسه يمكن أن يختبر في نفق الرياح (انظر ٤،٣،٧ والشكل ٧٠) لاختبار تدفق الهواء حول المباني.

وينصح بذلك عند إجراء مثل هذا الاختبار في أية مرحلة متقدمة. مثل إنهاء المشروع على مجسمات مبدئية أو غير دقيقة. وتُعدُّ المجسمات الفيزيائية وسائل تقييم ويمكن أن تؤدي نتائج الاختبار إلى بعض التحويرات أو انتغييرات، التي يمكن أن تغير بعض المظاهر الأساسية، كالحجم والشكل وتنظيم المباني. إنها حقاً يمكن أن تكون وسائل لاتخاذ قرارات ولاختبار أحد الحلول المتعددة الممكنة. ويمكن للمجسم المتغير أن يسمح لاختيارات المتغيرات.

وتزداد الحاجة لمثل هذه الاختبارات، وخصوصاً في المشاريع التطويرية

الكبيرة أو المشاريع التي تحتوي على مجموعة من المباني. ومن المفيد اختبار حتى مبنى منفرد، من وجهين :

أ ) كيف تؤثر نهاية الأجسام على تدفق الهواء الواصل إلى البناية المعنية؟
ب ) كيف تؤثر البناية المعنية على المحيط الموجود بعكس اتجاه الرياح.

وهنا لا بد من تمثيل على المجسم ليس على المبنى الذي تم تصميمه فقط، ولكن على جميع المباني المحيطة والمظاهر والتضاريس الطبيعية الموجودة في الأصل أيضاً.

وهنالك هدف آخر للاختيار وهو تدفق الهواء خلال فراغ محدد. وهذا يتطلب مجسماً ليس كبيراً في حجمه وحسب، ولكنه الى جانب ذلك يعطي تمثيلاً حقيقياً للفتحات والأجسام ضمن هذا الفراغ.

وأياً كان الهدف، فان الاختبار نفسه يمكن أن يتخذ ثلاثة أشكال:

١ . ملاحظة نمط تدفق الهواء، باستعمال آثار الدخان. ويمكن للدخان أن يتولد من حارقة تعمل على النفط مع مكيفة ضغط ثاني أكسيد الكربون، باستعمال مادة كلورور التيتانيوم *(titanium tetrachloride) أو بواسطة حرق البخور (عيدان الجس)

٢ . قياس توزيع الضغط ، عادة باستعمال أنبوب مصغر على شكل حرف L **(Pilot-tubest) كأجهزة حساسة، متصلة بجهاز لقياس الضغط .

٣ . قياس سرعة الهواء في نقاط مختلفة. إن أفضل طريقة لذلك هي قياس سرعة الهواء ذي السلك الحار الموصول بمقياس فرق الجهد. ويجب التعبير عن القيم المطلقة للسرعات في النقاط المختلفة بواسطة نسب السرعات، وربط كل قراءة بسرعة الهواء الحرة.

---

* وهو سائل غالي التكلفة ويستعمل فقط على شكل كميات قليلة جداً ولمدة قصيرة نظراً لتاثيره على الحنجرة والأنف.

** وهو انبوب طويل رأسه على شكل (L) يقيس الضغط الديناميكي نتيجة لحركة الرياح فوق الضغط الثابت.

إن نفق الـرياح يُعَـدُّ من الـوسائل المساعدة في التصميم ويمكن أن تصنف كوسيلة تقييم. وتـأتي أهميتهـا نظراً لأن المجسـمات الرياضية يمكن استعمالها فقط في التنبؤ بنمط تدفق الهواء وتوزيع السرعات في الأحوال البسيطة نسبياً. ولكن في الأحوال المعقدة، فان الاسلوب الوحيد المتيسر هو نفق الرياح.

٨,٤,٥ مجسم مجال الشمس

للتنبؤ بالعـزل والـظلال فان مخططات ممرات الشمس الثلاثية الأبعاد (مخططات الشمس) والمنقلة الملحقة ـ تعطي العون الكافي في التصميم وهي سهلة الاستعمال (انظر ٤,٢,١٠، ٨,٢,١٢ وملحق ٨). ويمكن اعتبار هذه المجموعة مجسمات تصويرية تبين العلاقة بين الشمس والمبنى. ويمكن استعمالها كوسائل تقييم للحل المقترح، ولكنها وسائل تصميم بدائية.

لقد تم بناء مجموعة من النبائط أو الأجهزة لمحاكاة العلاقة بين الشمس والمبنى ولتسهيل دراسة العزل والظلال على المجسمات. ويمكن استعمالها لعدة أهداف:

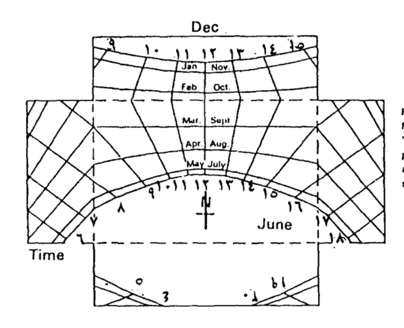
أ ) كوسيلة تقييم نهائية على مجسم لمشروع كامل.

ب ) وفي حالة مشروع معقد، حيث تم تحديد بعض النقاط البارزة تحليلياً (لتحـديد جميع التفاصيل لجميع الاحتمالات التي سوف تكون عملية مطولة جداً)، لاختبار عمل جميع عناصر المشروع المعقدة والتفاصيل المفترضة.

جـ) كوسيلة تعليم، أو للمساعدة في رؤية العلاقة بين الشمس والمبنى، التي نحتاج إلى قليل من المحددات بالنسبة إلى الطرق البيانية.

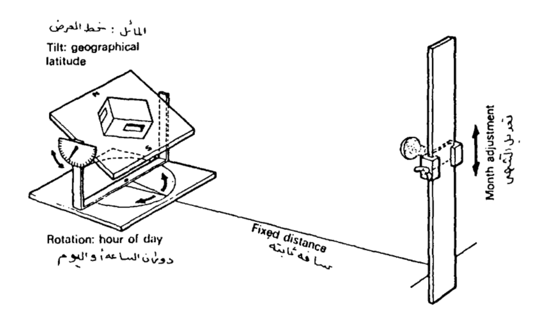
إن مزولة الشمس (Sun-dial) تُعَدُّ وسيلة بسيطة جداً ورخيصة (شكل ١٧٤). اذا وصلت بالمجسم، يمكن للجسم أن يحول ويميل حتى يبين اليوم والوقت المطلوب. وعندئذ يمكن استعمال أي مصدر ضوئي. وتحقق أفضل النتائج باستعمال إضاءة الشمس خارج المبنى.

الشكل (١٧٤): قرص الشمس




Fold and paste inside matchbox
Fix a 14 mm high stick at the
'N' -point; orientate to north
point of model. Turn and tilt model
and dial until tip of the shadow of the
stick is at the required date and hour.

الشكل (١٧٥): المشاهسة



للمشماسة (heliodon) طاولة مجسم قابلة للدورات وللميلان (الشكل ١٧٥) (يعدل خط العرض والساعة) وتنزلق وحدة إنارة إلى أعلى وأسفل على مجرى عمودي على بعد ما (يعدل الوقت من السنة). ميزاتها : رخيصة التكاليف، وعيوبها أنها منضدة صغيرة، ويجب تثبيت المجسم عليها لأنه سيميل، وهنالك صعوبة في مشاهدة موقع الشمس بالنسبة للمبنى.

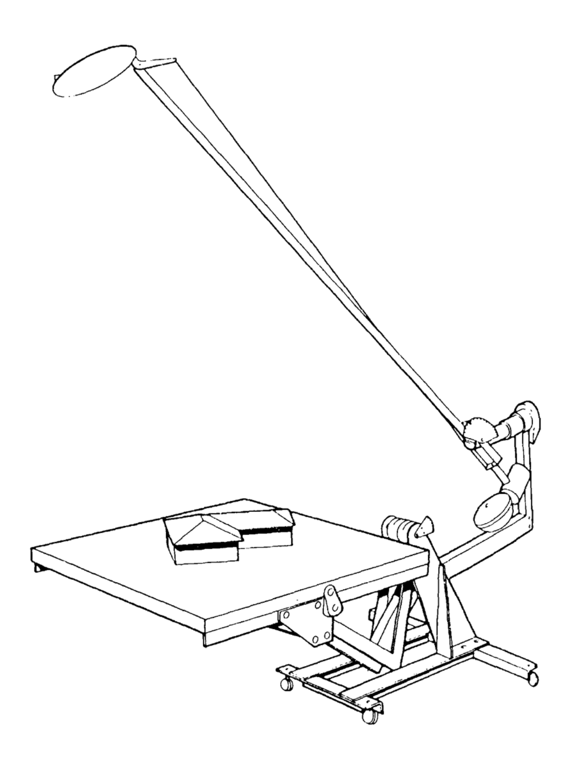
والجهاز مدى الشمس (الأول) (solarscope A) ، الشكل ١٧٦ طاولة أفقية ووحدة إضاءة (أو مرآة) مثبتة في نهاية ذراع طويل له ثلاث طرق للحركة (تغيير للشهر والساعة وخط العرض). ميزاته : تبقى الطاولة في مستوى أفقي، يمكن أن يستعمل لمجسمات كبيرة، وقد لا يثبت المجسم لتعديل وضعه. وأما عيوبه فهي دقة الانتاج الهندسي وتكلفته وخطوط العرض المستعملة محدودة.

أما جهاز مدى الشمس (الثاني) (solarscope B ) فله سكة تشبه ثلاثة أرباع دائرة، تمثل مسار الشمس، بحركة مائلة (تمثل خط العرض) وموازية (تمثل الوقت من السنة)، حيث يتحرك مصباح، يعطي ضبط الساعة. ميزاته، كالسابق غير أن مسار الشمس الكامل يوضح بالسكة نفسها دائماً وبذلك يكون أسهل للفهم وهو المفضل للأغراض التعليمية.

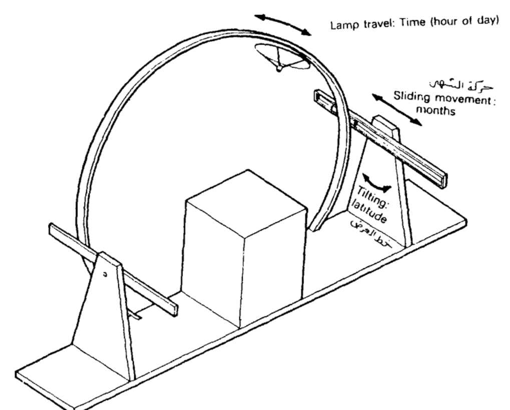
ومن عيوبه : أنه بحاجة إلى مساحة كبيرة وانشاء كتلي، وهو أيضاً باهظ التكاليف.

وفي أي من هذه الأجهزة، يمكن اختيار مجسم مرئي لمجموعة من المباني للتنبؤ بامتداد ومدى الظلال للفراغات الخارجية المسببة من المباني وكذلك ظلال المباني. ويستعمل مقياس كبير، بالحجم نفسه، لنافذة واحدة مع جزء من الغرفة المحيطة بها لاختبار نبيطة ظلال. يمكن استعمالها لاتخاذ القرارات في اختيار نوع معين من أنواع كثيرة ممكنة. وذلك باستعمال قطع متحركة، يمكن فكها وتركيبها بسهولة، لتحديد الظل المفضل ومكان النبيطة.

الشكل ١٧٦ جهاز مدى الشمس (الأول)



**الشكل ١٧٧ : جهاز مدى الشمس (الثاني)**




٨،٤،٦ السماء الصناعية

تستعمل السماء الصناعية (artificial sky) لدراسة الاضاءة النهارية على المجسمات. وهي نوعان : سماء ذات مرايا نصف كروية، وسماء مستطيلة وقد مر وصفها في ١٤، ٣، ٥ وفي الشكل (١٠٨). حيث وضّح الهدف منها وطريقة استعمالها. إنهما بعض وسائل التقييم، حيث يجب بناء المجسم أولا تبعاً لبعض الفرضيات. ويمكن استعمال مجسمات ذات عناصر متغيرة لاختبار أفضل حل من الحلول الممكنة.

إن منقلة الاضاءة النهارية (٤، ٣، ٥ والشكل ٩٩) تُعَدُّ مشابهة بالرسم البياني ويمكن استعمالها للتنبؤ بمركبة السماء في الاضاءة النهارية على أسس رسم بياني (مجسم ذو بعدين) فقط. إنها أيضاً وسيلة تقييم؛ إذْ إن التصميم يجب أن يفترض قبل استعمالها. ويُعَدُّ الرسم البياني لوعاء الفلفل (pepper-pot diagram) (١٠، ٣، ٥ والشكل ١٠٣) مشابهاً بالرسم البياني، ولكن يمكن استعماله وسيلة تصميم موجبة.

إن المشابهة بالرسمين البيانيين، تعطي نتائج مرضية لأوضاع بسيطة ونمطية. ويمكن الاعتماد على المجسمات في المواضع المعقدة وغير العادية.

إن السماء الصناعية والمشابهة بالرسم البياني تعطيان نتائج مقبولة تحت ظروف السماء الغائمة، أو للتنبؤ بمركبة الاضاءة غير المباشرة لانارة السماء الصافية (١١,٣,٥). وأما الشمس المباشرة فيمكن دراستها على مجسمات باستعمال جهاز مدى الشمس (solarscope) وتقاس المركبة غير المباشرة المنتشرة في السماء الصناعية. وليس هناك تقنية بسيطة لهذا الغرض حتى الآن إن هذه الطريقة تعدُّ وسيلة بحث أكثر منها وسيلة تصميم.

إن المشابهة بالرسم البياني وحيث تتوافر بعض التحديدات في الاستفادة بالتنبؤ. بالشمس وانارة السماء الصافية هو الرسم الثلاثي الأبعاد الموضح في الشكل ١٠٥ (١١,٣,٥).

٨,٤,٧ مشهابة تدفق الحرارة

ويسهل وصف تدفق الحرارة خلال عنصر أو خلال غلاف مبنى بأكمله، تحت ظروف حالة الثبات، بواسطة نماذج رياضية. ولكن، عندما تغير درجة الحرارة على جهة أو جهتين، فان النموذج الرياضي يصبح كثير التعقيد ومرهقاً في الاستعمال. ويكون الحل في هذه الحال هو المشابهة بالمجسمات.

يمثل الاختلاف في درجات الحرارة الخارجية والداخلية، في المشابهة الكهربائية، باختلاف الجهد بين القطبين. وتمثل المقاومة الحرارية للأسطح وطبقات المواد بواسطة مقاومات كهربائية. وتمثل السعة الحرارية للعناصر المختلفة بمكثفات، وباستعمال مقاومة بمأخذ كهربائي وعناصر مكثفة على أساس لوحة مآخذ فيمكن قراءة النظام الحراري المتكامل للمبنى بواسطة مقياس الفولتية (voltmeter)، وتقاس كميات تدفق الحرارة بواسطة جهاز أميتر (ammeter)، مقياس شدة التيار الكهربائي، وباستعمال مقياس مناسب للزمن يمكن قياس ممرات موجات الحرارة. ان ذلك، من ناحية مبدئية، وسيلة تقييم، وحيث أن العناصر قابلة للتغيير، فمن الممكن اختيار مجموعة من التوافقات أو التركيبات التي يمكن أن تساعد في اتخاذ القرارات.

وفي المشابهة الهيدروليكية (hydraulic)، فان الاختلاف في درجات الحرارة تماثل بمستوى الماء (وهكذا باختلاف الضغط) في أنبوبين عموديين. وبوصل الأنابيب ذات الأقطار الضيقة المختلفة (موصولة بخط) تمثل المقاومة الحرارية للأسطح والطبقات المختلفة للمواد. وتمثل الأقنية المتوازية عناصر

مختلفة. وتمثل محتويات الأنابيب الزجاجية المقاومات الحرارية لطبقات المواد. ويعطي مستوى الماء في كل أنبوب درجة الحرارة المحلية (الخاصة بالمادة). وتعطي كمية الماء المتدفقة كمية تدفق الحرارة.

إن تجميع وترتيب الأنابيب تُعَدُّ عملية معقدة ومرهقة، ولا يوجد في ما نعلم من يستطيع أن يعطي تمثيلاً كاملاً لمبنى. إن هذه العملية مفيدة جداً، في تمثيل التصرف الحراري لعنصر واحد. إنها وسيلة استعراضية أكثر منها وسيلة عون للتصميم.

٨،٤،٨ الحاسبات

وهنالك عدد من البرامج لدراسة تدفق الحرارة باستعمال حاسبة رقمية. ويزداد أعداد هذه البرامج يومياً، ويتم تطوير هذه البرامج من الباحثين أكثر فأكثر. وعموماً اذا كان.هنالك نظام تم وصفه بطريقة حسابية أو باستعمال مشابهة هندسية بيانية، فليس هنالك ما يحول دون تحويل الحسابات إلى برنامج للحاسوب.

هنالك برامج موجودة لحسابات تدفق الحرارة وللتنبؤ بالاضاءة النهارية. وقد برمجت مخططات الشمس تصميم نبائط الظل. كل ذلك كون وسائل تدقيق، تستعمل في التحليلات الخافية. بعد أن يفترض حل ما، فان التنبؤ بأدائه بواسطة الحاسوب يصبح ممكناً.

إن التحسين على النبائط التي يتم ادخالها واخراجها ، أي تفاعل الانسان والآلة ( مثل كراسة الكروكيات ، شاشة أنبوب الأشعة الهابطة (cathod ray) ، بقلم مضيء، قد سهلت مجموعة جديدة من البرامج من النوع INTUVAL (بالتقدير بالحدس). ويتكون حل بالبداهة ويقوم الحاسوب بطبعة، أو إسقاطه على الشاشة، كمجموعة كاملة من النتائج، تساعد في تقديرها وتقويمها. ويمكن أن يكون الحل سريعاً وسهلاً للتعديل، وسوف تظهر الأرقام المعدلة على الشاشة النتائج في الحال. وهكذا فان الحاسوب أصبح وسيلة تصميم قوية.

وقد بنيت عدة برامج على أسس الأفضلية الحسابية، مثل المستشفيات. وهذه ليست لفحص الفرضيات المسلم بها وحسب، ولكنها في الحقيقة تولد الحلول. ومن عيوبها في الوقت الحاضر أن الحل يكون مفضلاً بالنسبة لمقياس

واحد أو مقاييس قليلة. وقد أنتج في بعض الأمثلة مسقط أفقي، قلل مسافة الحركة. وكان واضحاً أن المعضلات الجانبية يمكن حلها، والأنظمة الجانبية يمكن أن تصل إلى الوضع المفضل في مثل هذا البرنامج، ولكن التركيب ما زال متروكاً للمصمم.

٨,٤,٩ جداول ماهوني في الحاسوب

إن جداول ماهوني وطريقة استعمالها قد وصفت في ٨,١,٥ وما بعدها. إن الطريقة ذات منطق واضح قصير، وقد أدت بنفسها إلى تطبيقات الحاسوب. وهنالك برنامج قد أعد وأصبح متداولاً.

إن المعطيات الداخلة في الحاسوب، تحوي الجدول رقم ١، وتحت درجات الحرارة والرطوبة وتساقط الأمطار. وقد وضح البرنامج حدود الراحة المفضلة، ويقوم بتشخيص المؤشرات وتحقيقها ويترجم ذلك إلى مواصفات وتوصيات، تخرج في النهاية كنتيجة.

إن حدود استعمال الطريقة هي نفسها حدود جداول ماهوني، كما نوقش في ٨,١,١٢. وعلى كل حال، لما كان الحاسوب قادراً على إنجاز ذلك بسرعة كبيرة، فان الطريقة يمكن أن تستعمل لغرضين آخرين إضافة الى استعمالها كوسية تصميم وذلك :

١. لتأسيس مناطق تصميم المناخ ليس بلغة مواصفات المناخ، ولكن تبعاً لتوصيات التصميم الحقيقية. وذلك بمعاملة معطيات المناخ من مواقع كثيرة جداً في الاقليم أو البلدان.

٢. ولأهداف التعليم : حيث يصنع البرنامج نفسه، بعملية سريعة، في متناول محادثة حسابية، تولد حلول واشكال مبان مختلفة، وذلك من خلال عرض التغيرات ومدتها في ظروف المناخ.

٨,٤,١٠ التطويرات الاضافية

إن طرق الحاسوب متوافرة وهي إما أن تكون ذات مواصفات محددة، تعنى فقط بمعضلات جانبية ضيقة، واذا كانت شاملة، فانها تبقى في مستوى عموميات عريضة. ومن المتوقع أن يحدث تطوير إضافي باتجاه جمع كلا الطريقتين.

إن طريقة مثل جداول ماهوني، من جهة، يمكن أن تعطي تحليلات متقـدمة سريعة (على شكل كروكيات)، وتؤسس المتغيرات العريضة. ومن جهة أخرى، يمكن اعتماداً على هذه المتغيرات العريضة، توليد عدة حلول متاحة، وهي حدسية تقريباً، ويمكن حينئذ تقييمها على أنها تحليلات على وتـيرة واحـدة (روتينية) خلفية سريعة مما يمكن أن يفتح الطريق إلى برنامج للتصميم المناخي الشامل، من تحليلات المناخ الأساسية إلى تصميم التفاصيل.




# Bibliography المرجعيّة


1 KENDREW, W G *Climatology*. Clarendon Press, 1957.

2 SUTTON, O G *Understanding weather*. Penguin Books, 1962.

3 FLOHN, H. *Climate and weather* World University Library, Weidenfeld and Nicolson, 1969.

4 LEE, D H K. *Physiological objectives in hot weather housing*. Washington, D.C., 1953.

5 BANHAM, REYNER *The architecture of the well-tempered environment*. Architectural Press, 1969.

6 ATKINSON, G A. *Tropical architecture and building standards*. Conference on tropical architecture, 1953. Report of proceedings, 1954.

7 METEOROLOGICAL OFFICE (Air Ministry). *Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world*. 6 vols. HMSO, 1958.

8 LANDSBERG, H E 'Microclimatic research, in relation to building construction'. *The Arch. Forum*, **86**, No. 3, March 1947, 114–119

9 KOENIGSBERGER, O, MILLAR, J S and COSTOPOLOUS, J. 'Window and ventilator openings in warm and humid climates'. *Arch Sc Rev.*, **2**, No. 2, 1959, 82–96.

10 *An index of exposure to driving rain*. BRS Digest 23 (second series).

11 CUNLIFFE, D W and MUNCEY, R W. 'Thermal inertia effects on building air conditioning loads'. *Australian Refrig., Air-cond. and Heating*, May 1965, 18–28.

12 NATIONAL PHYSICS LABORATORY. *Changing to the metric system* HMSO, 1967.

13 LANDSBERG, H E *et al*. *World maps of climatology*. Springer (Berlin), 1965.

14 PAGE, J K. *Climate and town planning, with special reference to tropical and sub-tropical climates*. BRS Overseas Building Notes, No 52, June 1958.

15 ATKINSON, G A 'An introduction to tropical building design'. *Architectural Design*, xxiii, Oct. 1953, 268.

16 GEIGER, R. *The climate near the ground*. Harvard University Press, 1957.

17 SEALEY, A 'Local air flow and building'. *A.J.*, **142**, Oct. 1965, 983.

18 SHELLARD, H C. 'Microclimate and housing 1: Topographical effects'. *A.J.*, **141**, Jan. 1965, 22

19 CROWDEN, C P. *Indoor climate and thermal comfort in the tropics*. Conference on tropical architecture, 1953 Report of proceedings, 1954, 27.

20 FOX, R H. *Thermal comfort in industry*. Ergonomics for industry, No. 8. Ministry of Technology, 1965.

21 BEDFORD, T. *Environmental warmth and its measurement*. Medical Research Council, War Memorandum No. 17. HMSO, 1940/1961.

22 EDHOLM, O G. *The biology of work*. World University Library, Weidenfeld and Nicolson, 1967.

23 GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. Elsevier, 1969.

24 BASSETT, C R and PRITCHARD, M D W. *Environmental physics: heating*. Longmans, 1968.

25 VAN STRAATEN, J F. *Thermal performance of buildings*. Elsevier, 1967.

26 OLGYAY, V *Design with climate*. Princeton University Press, 1963

27 HUNTINGDON, E. *Civilisation and climate*. Yale University Press, 1948

28 A lecture by DR THOMPSON to the Department of Tropical Studies, Architectural Association, 1963.

29 BEDFORD, T. *Warmth factor in comfort at work*. Medical Research Council, Industrial Health Research Board, Report No. 76. HMSO. 1936.

30 WINSLOW, C E A, HERRINGTON, L P and GAGGE, A P. 'Physiological reactions to environmental temperature' *American J. of Physiology*, **120**, 1937, 1-22.
31 WEBB, C G *Ventilation in warm climates*. BRS Overseas Building Notes, No 66, March 1960
32 McARDLE, B *et al Prediction of the physiological effect of warm and hot environments.* Medicai Research Council, RNP 47/391.
33 BELDING, H S and HATCH, T F 'Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain' *American J of Heating, Piping and Air Conditioning*, **27**, No 8, Aug 1955
34 DRYSDALE, J W. *Physiological Study No.* 2. Technical Study 32. C'wealth Exp Blg Stn. (Sydney), 1950
35 OLGYAY, V *Bioclimatic approach to architecture* Housing and home finance agency (US) Report on project 1-T-130.
36 GIVONI, B *Estimation of the effect of climate on man: developing a new thermal index* Technion (Haifa), 1963
37 PAGE, J K 'Human thermal comfort' *A J*, **137**, June 1963, 1306.
38 BILLINGTON, N S *Building physics: heat.* Pergamon Press, 1967
39 BILLINGTON, N S *Thermal properties of buildings*. Cleaver-Hume Press, 1952.
40 SZOKOLAY, S V. 'Heating and thermal insulation'. *A J.* **147**, March 1968, also *A J Metric Handbook*, 117-27, (2nd edn) 147-57.
41 *Condensation*, BRS Digest 110, Oct 1969.
42 SZOKOLAY, S V 'Condensation and moisture movement'. *A J* **149**, Feb. 1969, 523
43 PRATT, A W and LACY, R E *Measurement of the thermal diffusivities of some single-layer walls in buildings* BRS Current Papers, Research Series 64; also *Intern. J. of Heat and Mass Transfer*, **9**, No 4, 345-53
44 PRATT, A W and WESTON, E T *Thermal capacities of structures*. Building Research Congress, London, 1951
45 KUBA, G K 'Climatic effect on buildings in hot-arid areas' Ph.D. Thesis, University of Khartoum, 1970
46 MACKEY, C O and WRIGHT, L T
*a* 'Summer comfort ' *American J. of Heating, Piping and Air Conditioning*, **14**, No 12, Dec 1942, 750 7
*b* 'Periodic heat flow, homogeneous walls and roofs' *ibid*, **16**, No 9, Sept 44, 546
*c* 'Periodic heat flow, composite walls and roofs' *ibid*, **18**, No 6, June 46, 107
47 DANTER E 'Periodic heat flow characteristics of simple Walls and roofs' *I.H V E. J.*, **28**, July 1960, 136 46
48 BILLINGTON, N S and BECHER, P 'Some two dimensional heat flow problems' *I H V E J*, **18**, 1950, 297 312
49 BALL, E F *A simple transient flow method of measuring thermal conductivity and diffusivity* BRS Current Papers, Research Series 65, also in *Proc. of Inst. of Refrigeration*, Feb 1967
50 LEE, D H K 'Proprioclimates of man and domestic animals'. in UNESCO *Climatology* (reviews of research) Paris, 1958
51 KINZEY and SHARP *Environmental technologies in architecture*. Prentice-Hall, 1963.
52 THERLKELD, T L *Thermal environment engineering* Prentice-Hall, 1962
53 NATIONAL BUILDING AGENCY *The economic and environmental benefits of improved thermal insulation* Report No 91, 1967/69
54 COWAN H J *An historical outline of architectural science* Elsevier, 1966
55 COWAN H J Editorial in *Arch Sc Rev*, Nov 1959
56 OLGYAY V and OLGYAY, A *Solar control and shading devices* Princeton University Press 1957
57 WESTON E T 'The indoor and outdoor environment' *Arch Sc Rev*, **2**, 1959, 144 56
58 PETHERBRIDGE P *Transmission characteristics of window glasses and sun controls*

BRS Research Papers, 72, Oct. 1967; also in *Sunlight in Buildings; Proceedings of the CIE Conference,* Bowcentrum (Rotterdam), 1967, 183–98.
59 NICOL, J F *Radiation transmission characteristics of louvre systems.* BRS Current Paper, Research Series 53; also in *Building Science,* **1**, 1966, 167–82.
60 BURT, W *et al. Windows and environment.* Pilkington Brothers, 1969.
61 PERSSON, R. *Flat glass technology* Butterworths, 1969.
62 SMITH, E G. *The feasibility of using models for predetermining natural ventilation.* Texas Eng. Exp Stn., Research Report No. 26, 1951.
63 GIVONI, B. *Basic study of ventilation problems in hot countries.* Bldg. Res. Stn., Haifa, 1962.
64 CAUDILL, W W, CRITES, S E and SMITH, E G. *Some general considerations in the natural ventilation of buildings* Texas Eng. Exp. Stn., Research Report No. 22, 1951.
65 CAUDILL, W W and REED, B H. *Geometry of classrooms as related to lighting and natural ventilation.* Texas Eng Exp. Stn., Research Report No. 36, 1952.
66 WISE, A F E, SEXTON, D E and LILLYWHITE, M S T. 'Urban planning research: studies of air flow around buildings'. *A.J.,* **141**, May 1965, 1185-9.
67 WESTON, E T. *Air movement in industrial buildings. effect of nearby buildings.* C'wealth Exp. Bldg. Stn (Sydney). Special Report No. 19, 1956.

68 EVANS, B H. *Natural air flow around buildings.* Texas Eng. Exp. Stn., Research Report No. 59, 1957.
69 OAKLEY, D J *Tropical houses.* Batsford, 1961.
69a DRUMMOND, A J. 'Radiation and thermal balance' in UNESCO *Climatology* (reviews of research). Paris, 1958.
70 HOPKINSON, R G *Architectural physics: lighting.* HMSO, 1963.
71 LIGHTING INDUSTRY FEDERATION (formerly British Lighting Council). *Interior lighting design,* metric edition, 1969.
72 GREGORY, R L. *Eye and brain.* World University Library, Weidenfeld and Nicolson, 1966.
73 VAN HEEL, A C S and VELSEL, C H F. *What is light?* World University Library, Weidenfeld and Nicolson, 1968.
74 LYNES, J. *Principles of natural lighting.* Elsevier, 1969.
75 HOPKINSON, R G, PETHERBRIDGE, P and LONGMORE, J. *Daylighting.* Heinemann, 1966.
76 *Recommendations for lighting building interiors – the 'IES Code'.* Illuminating Engineering Society, 1968.
77 PETHERBRIDGE, P. *Natural lighting prediction . . . for tropical climates.* P-59.20, CIE (Bruxelles), 1959
78 SZOKOLAY, S V. 'Design of buildings for equatorial highland climates'. Master's Thesis, University of Liverpool, 1968.
79 LONGMORE, J. *BRS Daylight protractors.* HMSO, 1968.
80 *Estimating daylight in buildings.* BRS Digests 41 and 42 (second series).
81 MUNSELL, A H *A colour notation.* Munsell Color Co. (Baltimore), 1961 (11th edn.).
82 BRITISH STANDARDS INSTITUTION *Colours for building and decorative paints.* BS 4800:1972
83 LYNES, J. 'Building Environment Handbook'. *A.J.,* **148**, 16 Oct. 1968, *et seq.*
84 PLANT, C G H, LONGMORE, J and HOPKINSON, R G. 'A study of interior illumination due to skylight and reflected sunlight, under tropical conditions' in *Sunlight in Buildings Proceedings of the CIE Conference,* Newcastle. Bowzentrum (Rotterdam), 1967.
85 PLANT, C G H *Research in environmental design: tropical daylight and sunlight project, final report, stage* 1. University College (London), 1967.
86 KAUFMAN, J (ed.), *IES Lighting handbook.* New York, 1966, also 'Recommended practice in daylighting' *I.E.S J.,* **57**, 1962, 517–57.
87 *Evaluation of Discomfort Glare: the IES glare index system for artificial lighting installations.* Technical Report No 10, Illuminating Engineering Society, 1967.

88 PAIX, D. *The design of buildings for daylighting.* Com'wealth Exp. Bldg. Stn. (Sydney), Bulletin No. 7, 1962.
89 KITTLER, R. 'An historical review of . . . daylight research by means of models and artificial skies'. *CIE Proceedings,* 1959, vol. B, 319–34.
90 LAWRENCE, A. *Acoustics in building* (Australian Building Science series). Hodder and Stoughton, 1962.
91 ALDERSEY-WILLIAMS, A. 'Sound' (Building Environment Handbook, pt. 5). in *A.J.,* **149,** 1969: 22 Jan., 259–278; 29 Jan., 321–344; 5 Feb., 395–410; 12 Feb., 455–474.
92 PARKIN, P H and HUMPHREYS, H R. *Acoustics, noise and building.* Faber and Faber, 1958.
93 *Some common noise problems.* Com'wealth Exp. Bldg. Stn. (Sydney), Notes on the Science of Building, No. 80, 1964.
94 *Housing and urbanisation.* Scientific Council for Africa South of the Sahara (CCTA), Nairobi, 1959.
95 NATIONAL PHYSICS LABORATORY. *The control of noise.* HMSO, 1962.
96 DUNHAM, D 'The courtyard house as a temperature regulator'. *The New Scientist,* **8,** 663 6
97 KOENIGSBERGER, O and LYNN, R. *Roofs in the warm humid tropics.* Architectural Association, paper 1. Lund Humphreys, 1965.
98 SZOKOLAY, S V. *Report on some thermal problems in low cost housing.* University of East Africa (Nairobi), 1966 (duplicated).
99 DRYSDALE, J W. *Summertime temperatures in building.* Com'wealth. Exp. Bldg Stn. (Sydney), Special Report No. 11, 1952.
100 HARDY, A C and O'SULLIVAN, P E. *Insolation and fenestration.* Research Report, University of Newcastle upon Tyne. Oriel Press, 1967.
101 ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS. 'Plan of Work', *Handbook of Architectural Practice and Management.* RIBA, 1968.
102 BROADBENT, G H and WARD, A. *Design method in architecture.* Architectural Association, paper 3. Lund Humphreys, 1969.




# الملاحق

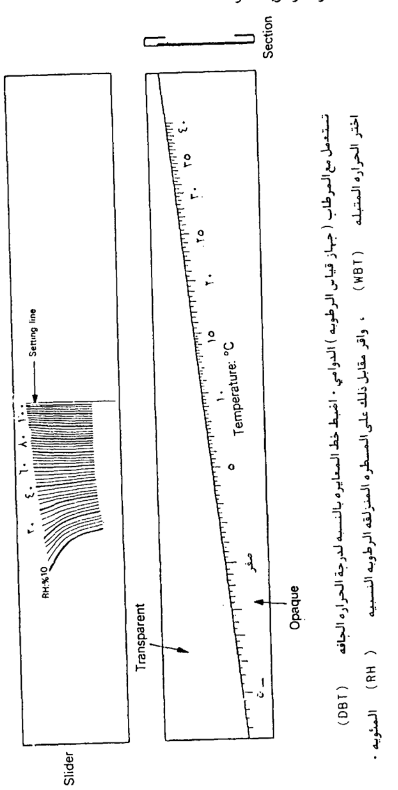
١.١ نقط الرطوبة المشبعة
١.٢ مسطرة الرطوبة المنزلقة
٢ غطاء أشعة الشمس
٣ تقدير مجموع الأشعة اليومية
٤ مقياس بيوفرت لشدة الرياح
٥.١ موصلية ومقاومة بعض المواد
٥.٢ موصلية ومقاومة الأسطح
٥.٣ مواصلة السطح كدالة لسرعة الرياح
٥.٤ معامل نفاذية (قيم U) لبعض الانشاءات
٥.٥ موصلية ومقاومة الفراغات
٥.٦ امتصاص وابتعاث الأسطح
٦ زمن التخلف ومعامل التناقص لبعض الانشاءات
٧ خواص نفاذية زجاج النوافذ
٨ مخططات الشمس
٩.١ الانارية الموصى بها وحدود دليل الابهار
٩ : ٢ ناتج خرج الدفق الضوئي لأطقم الانارة
٩.٣ معاملات ضوء النهار الأدنى الموصى به
١٠.١ مستويات الضجيج المقبولة
١٠.٢ فقدان النقل (دليل تخفيض الصوت)
١١ جداول ماهوني
١٢ جداول النشاط
١٣ إنشاءات الأسقف وأداؤها
١٤ النظام العالمي لوحدات القياس

الملحق ١,١ : نقط الرطوبة المشبعة

*Saturation-point humidities*

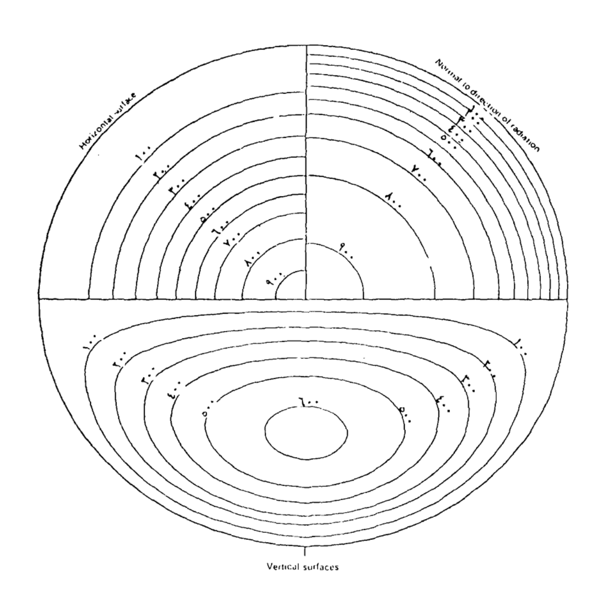
| °C | moisture content g/kg | density of dry air kg/m³ | moisture content g/m³ |
|---|---|---|---|
| −20 | 0 63 | 1·396 | 0·879 |
| −15 | 1·01 | 1·368 | 1·381 |
| −10 | 1·60 | 1·342 | 2·147 |
| −5 | 2·47 | 1·317 | 3·253 |
| 0 | 3·78 | 1·293 | 4·887 |
| 5 | 5·40 | 1·270 | 6·858 |
| 10 | 7·63 | 1·248 | 9·522 |
| 15 | 10 6 | 1·226 | 12 995 |
| 16 | 11·4 | 1·222 | 13 930 |
| 17 | 12 1 | 1·217 | 14·727 |
| 18 | 12 9 | 1·213 | 15 648 |
| 19 | 13·8 | 1·209 | 16·684 |
| 20 | 14·7 | 1·205 | 17·713 |
| 21 | 15 6 | 1·201 | 18·736 |
| 22 | 16 6 | 1·197 | 19 870 |
| 23 | 17 7 | 1 193 | 21·116 |
| 24 | 18 8 | 1 189 | 22 353 |
| 25 | 20 0 | 1·185 | 23 700 |
| 26 | 21 4 | 1 181 | 25 273 |
| 27 | 22 6 | 1·177 | 26 600 |
| 28 | 24 0 | 1 173 | 28·152 |
| 29 | 25·6 | 1 169 | 29 962 |
| 30 | 27 2 | 1 165 | 31·688 |
| 35 | 36 6 | 1 146 | 41·943 |
| 40 | 48 8 | 1 128 | 55 046 |

# الملحق ٢ , ١ : مسطرة الرطوبة المنزلقة




تستعمل مع المرطاب ( جهاز قياس الرطوبه ) الدوامي . اضبط خط المعايره بالنسبه لدرجة الحراره الجافه (DBT) اختر الحراره المتبله (WBT) ، واقر مقابل ذلك على المسطره المنزلقه الرطوبه النسبيه (RH) المئويه .

الملحق ٢ : منقلة أشعة الشمس




شدة أشعة الشمس المباشرة (بالواط / م٢) - تستعمل بعد ان توضع فوق مخططات منحنيات الشمس في الملحق ٨

الملحق ٣ : تقدير مجموع أشعة الشمس الساقطة على مستوى أفقي على أساس مدة شروق الشمس*

---

$$\frac{Q}{Q_s} = 0.29 \cos \Phi + 0.52 \frac{n}{N}$$

حيث Q = الأشعة على مستوى أفقي ، $MJ/m^2$ day

Qs = كالسابق للحد الأعلى للجو ( الشمس ثابتة لكل يوم ) $MJ/m^2$ day

n = عدد ساعات شروق الشمس في اليوم

N = عدد ساعات شروق الشمس الممكنة في اليوم

0.29 = ثابت عددي ، يعتمد على خواص نفاذية كتلة الهواء

Φ = خط العرض الجغرافي

---

Qs يمكن أن تؤخذ كثابت = 36 $MJ/m^2$ day

---

مثال لنيروبي :

اذا كان Φ = 0 Cos Φ = 1

N = 12.2

$$\frac{Q}{36} = 0.29 + \frac{0.52}{12.2} n$$

$Q = 10.34 + 1.53\ n$

يجب أن تؤخذ n من التسجيلات المناخية

---

* Glover, J and McCulloch, J.S.C. "The empirical relatinondhip between solar radiation and hours of bright sunshine". Q.J. of Royal Meteorological Society, 84, 56.

الملحق ٤ : مقياس بيوفرت لشدة الرياح

| الشده | التأثيرات الملاحظة | السرعة م /ث |
|---|---|---|
| 0 | سكون تام ، يرتفع الدخان عمودياً مستقيماً ، استواء سطح البركة | 0.50 |
| 1 | حركة بسيطة ، يرتفع الدخان مائلاً قليلاً | 1.7 |
| 2 | نسيم خفيف ، حفيف الأوراق | 3.3 |
| 3 | رياح خفيفة ، حركة الأغصان ، تموج الماء قليلاً | 5.2 |
| 4 | رياح متوسطة ، حركة الأغصان الصغيرة | 7.4 |
| 5 | رياح قوية ، حركة الأغصان الكبيرة ، صوت أزيز ، أمواج ذات قمة بيضاء | 9.8 |
| 6 | رياح قوية جداً ، الأوراق تتمزق ، المشي صعوبة نوعاً ما | 12.4 |
| 7 | عواصف ، انحناء الأشجار الصغيرة ، الأغصان تتمزق | 15.2 |
| 8 | عواصف قوية ، الأغصان يمكن أن تتمزق ، الأغصان الكبيرة تنحني | 18.2 |
| 9 | عواصف قوية جداً ، الأشجار الصغيرة تقلع ،يطير قرميد السقف ، المباني تتلف . | 21.5 |
| 10 | عاصفة ، تلف كبير للمباني . تكسر الأشجار أو تقلع | 25.1 |
| 11 | عاصفة ، تدمير المباني . قلع جميع الأشجار ، تحمل الانسان والحيوان | 29.1 |
| 12 | عاصفة كالسابق ولكن بقوة أكبر | 29.0 |

الملحق ١,٥ : موصلية ومقاومة بعض المواد

| | الموصلية K W/n deg C | المقاومة 1/K M deg C/W |
|---|---|---|
| اسبست : سائب | 0.034 | 29.40 |
| مرشوش | 0.046 | 21.79 |
| ألواح الاسبست الاسمنتي : خفيف | 0.216 | 4.63 |
| معدل | 0.360 | 2.78 |
| كثيف | 0.576 | 1.74 |
| الاسفلت | 0.576 | 1.74 |
| أعمال الطوب الشائعة : خفيف | 0.806 | 1.24 |
| معدل | 1.210 | 0.83 |
| كثيف | 1.470 | 0.68 |
| في أعمال الطوب الخفيف | 0.374 | 2.68 |
| في أعمال الطوب الهندسي | 1.150 | 0.87 |
| الخرسانة : العادي الكثيف | 1.44 | 0.69 |
| ركام خبث المعادن | 0.403 | 2.48 |
| ركام الصلصال القابل للتمدد | 0.395 | 2.90 |
| ركام الخبث الخلوي | 0.245 | 2.08 |
| بلاطة الفلين : طبيعي | 0.043 | 23.20 |
| غطاء نبات الانفليس مدعم (نبات بحري) | 0.039<br>0.043 | 2560<br>23.20 |
| صوف زجاجي : لحاف | 0.034 | 29.40 |
| غطاء | 0.042 | 23.80 |

| | | |
|---|---|---|
| صوف معدني : لبـــــــاد | 0.037 | 27.00 |
| بلاطة قاسيـــة | 0.049 | 20.40 |
| مطاط صلب معالج بالكبريت ممـــد | 0.024 | 34.50 |
| ألواح مقصورة بالجبـــــــــص | 0.159 | 6.33 |
| قصـــارة : جصيـــــــــــة | 0.461 | 2.17 |
| دوديـــة الشكـــــل | 0.201 | 4.98 |
| خشـــب ابكــــاح | 0.138 | 7.25 |
| بلاطة بولستـــرين خلــــــوية | 0.138 | 7.25 |
| طلاء اسمنـــــت ورمـــــل | 0.532 | 1.88 |
| الحجـارة : جرانيـــــــت | 2.92 | 0.34 |
| حجـــر كلـــــي | 1.53 | 0.65 |
| حجـــر رملـــــي | 1.295 | 0.77 |
| كرنـــون تبنــــي | 0.093 | 10.75 |
| خشـــب : خشـــب طـــــري | 0.138 | 7.25 |
| خشـــب قاســـــي | 0.160 | 6.25 |
| خشب ألواح رقـــــــائـــو | 0.108 | 9.26 |
| خشـــب ألواح ليفيـــه طــــرية | 0.065 | 15.38 |
| خشـــب : بلاطة صوتيـــة خفيــف | 0.082 | 12.20 |
| كثيـــف | 0.115 | 8.70 |
| معدن : لـــــــــد | 34 | 0.0294 |
| حـــــــديد زهـــر | 50 | 0.0200 |
| حـــــــديد طـــري | 58 | 0.0172 |
| بــــــــرســـر | 64 | 0.0156 |
| زنـــــــــك | 110 | 0.0091 |

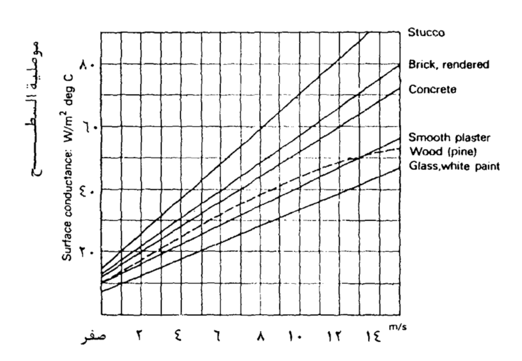
| | | |
|---|---|---|
| الـمنيـــــــــوم | 220 | 0.0045 |
| نحـــــــــاس | 350 | 0.0029 |
| فضـــــــــــة | 407 | 0.0024 |
| هـــــــــــواء | 0.026 | 38.45 |
| مـــــــــــاء | 0.580 | 1.72 |

## الملحق ٢ , ٥ : توصلية ومقاومة بعض الأسطح*

| السطح | الموصلية f $W/m^2$ deg C | المقاومة 1/f $m^2$ deg C/W |
|---|---|---|
| **أسطح داخلية** : ($f_1$) | | |
| حوائط | 8.12 | 0.123 |
| أرضية ، سقف ، تدفق الحرارة لأعلى | 9.48 | 0.105 |
| أرضية ؛ سقف ، تدفق الحرارة لأسفل | 6.70 | 0.144 |
| الجانب السفلي من السقف | 9.48 | 0.105 |
| **أسطح خارجية** : ($f_o$) | | |
| حوائط ، تواجه الجنوب : محمية | 7.78 | 0.128 |
| عادية | 10.00 | 0.100 |
| معرضة كثيراً | 13.13 | 0.073 |
| حوائط ، غربية ، جنوبية غربية ، جنوبية شرقية | | |
| محمية | 10.00 | 0.100 |
| عادية | 13.18 | 0.076 |
| معرضة كثيراً | 18.90 | 0.053 |
| حوائط ، شمالية غربية ، محمية | 13.18 | 0.076 |
| عادية | 18.90 | 0.053 |
| معرضة كثيراً | 31.50 | 0.032 |
| حوائط ، شمالية ، شمالية شرقية ، شرقية | | |
| محمية | 13.18 | 0.076 |
| عادية | 18.90 | 0.053 |
| معرضة كثيراً | 81.20 | 0.012 |
| أسقف : محمية | 14.20 | 0.070 |
| عادية | 22.70 | 0.044 |
| معرضة كثيراً | 56.70 | 0.018 |

* انظر الملاحظة في نهاية الفقرة ١٢ , ١ , ٣ ص ٧٢ .

الملحق ٣,٥ : موصلية الأسطح كدالة بالنسبة لسرعة الريح



الملحق ٤ ,٥ : نفاذية (قيمة U ) بعض الانشاءات

| نـــــوع المنشـــــــــأ | النفــــــاذيـة |
|---|---|
| **الحــــوائـــــط :** | |
| الطوب · مصمت، غير مقصور ١١٤ مم | 3.64 |
| مقصور الوجهيـــن ١١٤ مـم | 3.24 |
| مصمت ، غير مقصور ٢٢٨مم | 2.67 |
| مقصور الوجهيـــن ٢٢٨مم | 2.44 |
| خرسانه ، عادية ، كثيفـة : ١٥٢ مم | 3.58 |
| ٢٠٣ مم | 3.18 |
| حجارة ، متوسط ،مساحي : ٣٠٥ مم | 2.84 |
| ٤٥٧ مم | 2.27 |
| طوب ، ٢٨٠ مم فراغ، مقصور من الداخل | 1.70 |
| طوب مع الواح عازلـة ، مقصـــور : | |
| الواح فليـــــس ٢٥ مـم | 0.85 |
| الواح ليفيـــــة ١٣ مـم | 1.19 |
| بلاطة صوف خشبي ٥٠ مـم | 0.85 |
| طوب مع قصارة دوديـة سماكة ١٦مم في الداخل | 1.97 |
| طوب مع الواح قاسية على عوارض في الداخـل | |
| ١٣ مم ألواح اسبـــــــــت | 1.19 |
| ١٣ مم ألواح ليفيـــــــــه | 0.95 |
| ٥٠ مم ألواح كرتون ليفي مقصوره | 0.74 |
| طوب مع وحدات خرسانة خفيفة في الداخـل : | |
| ١٠٠ مم وحدات من خرسانة مهواه | 1.13 |
| ١٠٠ مم وحدات من خرسانة خفيف المعادن | 1.30 |

وحدات خرسانية ، فراغ ، ٢٥٠ مم (١٠٠ + ٥٠ + ١٠٠) ، مقصورة من الخارج والداخل :

| | |
|---|---|
| وحدات خرسانيـة مهـــواة | 1.19 |
| وحدات خرسانيـة خبث المعادن | 1.08 |
| وحدات خرسانية مفرغة ، ٢٢٨ مم ، طبقة واحدة ، مقصورة من الخارج والداخل | |
| وحدات خرسانيـة مهواة | 1.70 |
| وحدات خرسانية خبث المعادن | 1.59 |
| اسبست اسمنتي مموج على هياكل حديدية | 6.53 |
| + ١٣ مم ألواح ليفيـة | 2.09 |
| + ٥٠ مم بلاطات صوف فخـي ، أو بني | 1.19 |
| + ٧٦ مم وحدات خرسانية مهواة | 2.10 |
| الأسقف المائلـة | |
| ألواح الاسبست الاسمنتي المموج | 7.95 |
| + ١٣ مم ألواح خشـب | 2.16 |
| + ٥٠ مم بلاطة خشب صوفي أو تبني | 1.25 |
| + ٢٥ مم لحاف مركب ١٣ مم ألواح | 0.85 |
| ألواح معدنية مموجة أو بلاطة على عوارض | 8.52 |
| + سقف مقصـور | 3.18 |
| قرميد أو ادواز على ألواح وسقف صوفي مقصور | 1.70 |
| سقف المنيوم ، ١٣ مم الواح صوفي مع طبقين من القار على اللباد | 2.16 |
| سقف المينوم ، ٥٠ مم بلاطة خشب صوفي أو تبني | 1.25 |
| الأسقف المستوية | |
| بلاطة خرسانية مسلحة ، ١٠٠ مم ، مدة ميلان ١٢-١٣ مم ، ٣ طبقات قار على لبـاد | 3.35 |
| كالسابق - مع طبقة عازلة على مدة الميلان : | |
| ٢٥ مم فليـن | 1.08 |

| | |
|---|---|
| ٥٠ مم بلاطة خشب صوفي او تبني | 1.13 |
| الواح مزدوجة ١٢ مم من ألواح الليفية | 1.25 |
| كالسابق - مدة ميلان خفيفة ( ممدد على طبيعتة ) : | |
| ٧٦ - ١٢٧ مم خرسانة مهواة | 1.36 |
| ٧٦ مم - ١٢٧ مم خرسانة خبث المعادن الرغوية | 1.47 |
| ألواح خشبية ، ٢٥ مم على ١٧٨ مم مراين مع ٣ طبقات قار على | |
| ألواح ليفية ، سقــف مقصور | 1.82 |
| كالسابق - مع بلاطة معزولة على ألواح : | |
| ٢٥ مم خبث المـــــعادن | 0.85 |
| ١٣ مم ألواح ليفيـــــــة | 1.25 |
| ٥٠ مم بلاطة خشبية من الصوف أو التبـــن | 0.91 |
| الأرضيـــــــات | |
| خرسانة على الأرض أو أرضية قاسيـــــة | 1.13 |
| + غرانيت ، تراتزو أو بلاط | 1.13 |
| + وحدات خشبيـــــــــة | 0.85 |
| ألواح خشبية على مراين ، فراغ سفلي مهوى + باركية ، نهاية | 1.70 |
| أرضية مطاطية أو مشمعـــــــة | 1.92 |
| أرضيات خشبية على مراين ، فراغ مهوى سفلي على أكثر من جهة | 2.27 |
| + منهي ببلاط باركية ، أو مطاط أو مشمع | 1.98 |
| + ٢٥ مم ألواح فلينية تحت الألواح | 1.08 |
| + ٢٥ مم ألواح فلين تحت الألواح | 0.95 |
| + ٢٥ مم ألواح فلين تحت المراين | 0.79 |
| + ٥٠ مم ألواح تبنية تحت المراين | 0.85 |
| + طبقين من رقائق الالمنيوم ، مجعد | 1.92 |

الشبـــابيـــــــك

| | |
|---|---|
| متجة للجنوب ، محمية : زجاج مفـــرد | 3.97 |
| زجاج مزدوج ، ٦ مم فـــــراغ | 2.67 |
| زجاج مزدوج ٢٠ مم فــــــراغ | 2.32 |
| جنوبية عادية ، غربية ، جنوبية غربية ، جنوبية شرقية ، محمية : | |
| زجـــــاج مفـــــــرد | 4.98 |
| زجاج مزدوج ، ٦ مم فـــــراغ | 2.90 |
| زجاج مزدوج ، ٢٠ مم فـــراغ | 2.50 |
| جنوبية ، شرقية ، جنوبية غربية ،عادية ، او شمالية غربية | |
| شمالية ، شمالية شرقية ، شـرقية محميـــة : | |
| زجاج مفـــــــرد | 5.00 |
| زجاج مزدوج ، ٦ مم فـــراغ | 3.06 |
| زجاج مزدوج ، ٢٠ مم فراغ | 2.67 |
| غربية ، جنوبية غربية ، جنوبية شرقية ، شمالية غربية شمالية ، | |
| شمالية شرقية ، شرقيـــة | |
| زجاج مفـــــرد | 5.67 |
| زجاج مزدوج ، ٦ مم فـــراغ | 3.29 |
| زجاج مزدوج ، ٢٠ مم فـراغ | 2.84 |
| معرضة للشمال الشرقي كثيرا : زجاج مفـــــرد | 6.97 |
| زجاج مزدوج ، ٦ مم فـــــراغ | 3.58 |
| زجاج مزدوج ، ٢٠ مم فـــــراغ | 3.00 |
| معرضة للشمال كثيـرا : زجاج مفـــــرد | 7.38 |
| زجاج مزدوج ، ٦ مم فـــــراغ | 3.80 |
| زجاج مزدوج ، ٢٠ مم فـــراغ | 3.18 |

## الملحق ٥,٥ : موصلية ومقاومة الفراغات

| الفـــــراغ | الموصليـة Rc W/m² deg C | المقـــاومـة 1/Rc m² deg C/W |
|---|---|---|
| عموديا : ٣ مم عـــرض | 14.50 | 0.069 |
| ٦ مم = | 8.74 | 0.114 |
| ١٢مم = | 7.04 | 0.142 |
| ٢٠مم = | 6.63 | 0.151 |
| ٢٥مم = | 6.52 | 0.153 |
| ٢٨مم = | 6.52 | 0.153 |
| افقيا ٧٦ مم : تدفق الحرارة لأعلـى | 7.48 | 0.133 |
| : تدفق الحرارة لأسفـل | 5.32 | 0.188 |
| القيم المستعملة في بريطانيـا | | |
| ٥٠ مم فـــراغ | 5.67 | 0.176 |
| ٥٠ مم فراغ ، مع رقائق المينوم | 2.84 | 0.352 |

## الملحق ٥,٦ : امتصاص وابتعاث الأسطح

| السطـــح | الامتصاص لأشعة الشمـس | a and e 10 to 40 °C |
|---|---|---|
| أسود ، غيـر معـدني | 0.85-0.98 | 0.90-0.98 |
| طوب أحمر ، حجر ، بلاط | 0.65-0.80 | 0.85-0.95 |
| أصفر وبلاط لامع ، حجـر | 0.50-0.70 | 0.85-0.95 |
| طوب لون بيج ، بلاط ، قصارة | 0.30-0.50 | 0.40-0.60 |
| زجاج النـافـذة | منفـذ Transparent | 0.90-0.95 |

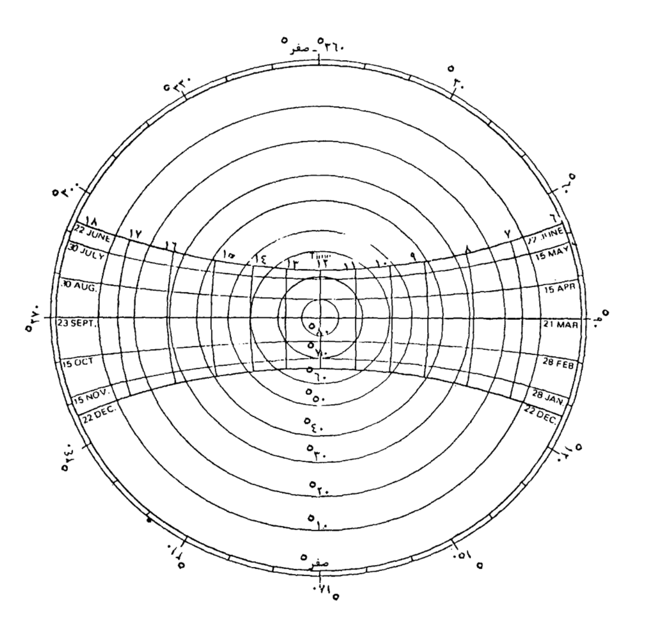
| | | |
|---|---|---|
| المنيوم لامع، ذهبي، برونزي | 0.30-0.50 | 0.40-0.60 |
| نحاس أصفر داكن، المنيـرم، حديد مكلفن | 0.40-0.65 | 0.20-0.30 |
| نحاس أصفر مصقول، نحاس | 0.30-0.50 | 0.02-0.05 |
| المنيوم مصقول، كروم | 0.10-0.40 | 0.02-0.04 |

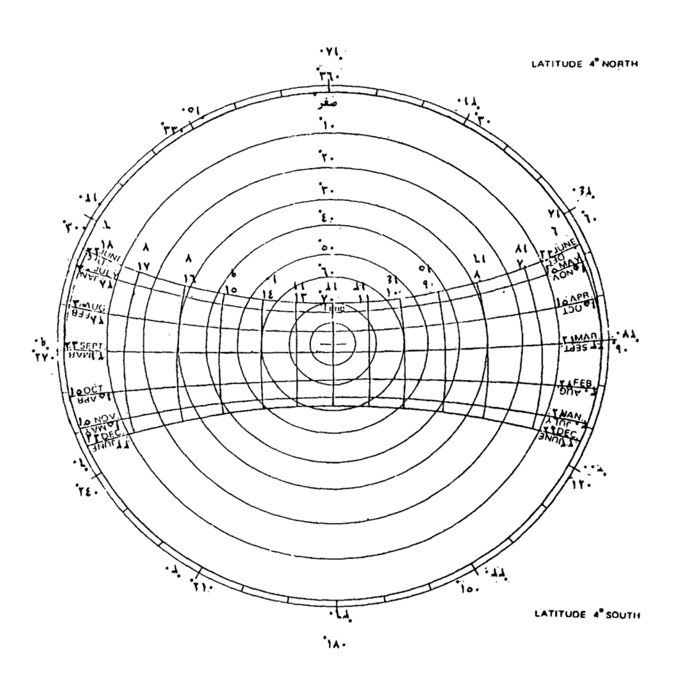
الملحق ٦ : زمن التخلف (Φ ساعة) ومعامل التناقص لبعض الانشاءات

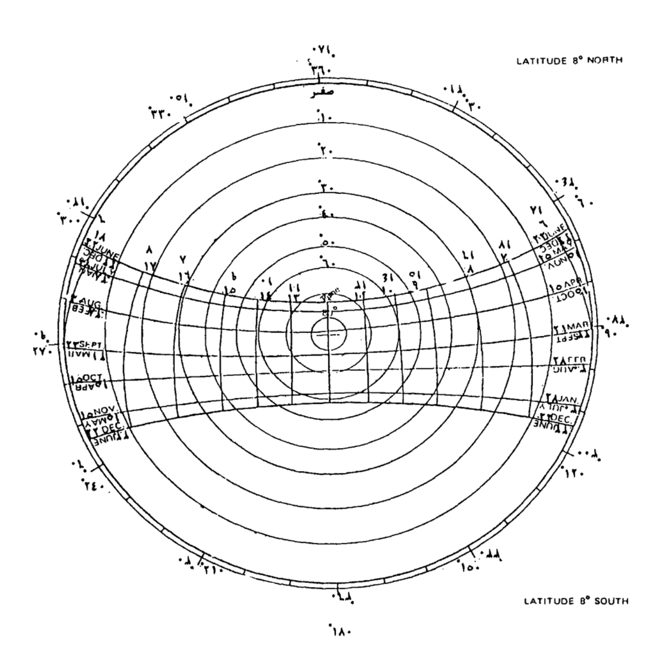
| ـماكـة مـم | 50 | | 100 | | 150 | | 200 | | 300 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Φ:h | u | Φ:h | u | Φ:h | u | Φ:h | u | Φ:h | u |
| ـــانة | 1.3 | 0.67 | 3.00 | 0.45 | 4.4 | 0.30 | 6.1 | 0.20 | 9.2 | 0.09 |
| ةمؤسسة | --- | --- | 2.4 | 0.48 | 4.0 | 0.34 | 5.2 | 0.24 | 8.1 | 0.12 |
| ـــب | 2.5 | 0.48 | 5.4 | 0.23 | 8.3 | 0.11 | -- | -- | — | -- |
| ف معدني | 2.5 | 0.98 | 5.3 | 0.22 | --- | --- | — | --- | — | --- |

| | Φ : h | u |
|---|---|---|
| الحوائـط : حوائط مفرغة، طبقتين من ١٠٠ مم | | |
| وحدات خرسانة كثيفة كلاهما مقصور ١٥ مم | 10.0 | 0.073 |
| كالسابق ولكن وحدات خرسانية مفرغـة | 10.8 | 0.056 |
| حوائط مفرغة، طبقتين ١٠٠ مم وحدات طينية | | |
| مفرغة، مقصورة على الوجهين ١٥ مم | 8.7 | 0.100 |
| الأسقف، ١٠٠ مم بلاطة خرسانية مسلحة، نهاية قار على | | |
| لباد اسبستي، ٤٠ مم صوف زجاجي - عازل تحت البلاطة | 3.0 | 0.450 |
| كالسابق ولكن العزل على السطح العلوى من البلاطة الخرسانية | 11.8 | 0.046 |
| ٢٤٠ مم بلاطة مفرغة، مقصورة من أسفل، ٦٠ مم مدة ميلان، على | | |
| قار على غشاء لباد اسبستي، ٣٠ مم بلاط خرسانية، ٢٠ مم صمم | 12.0 | 0.045 |

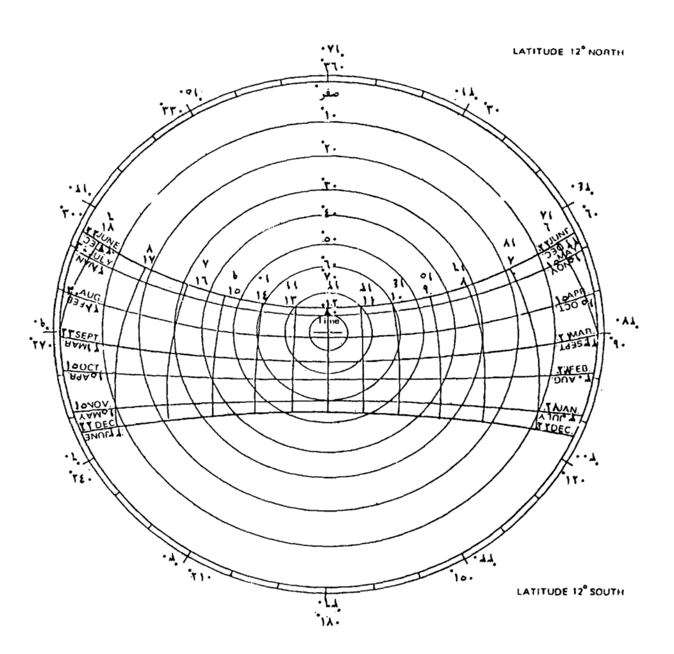
الملحق ٨: مخططات ممرات الشمس لخطوط العرض صفر - ٤٤ شمال جنوب



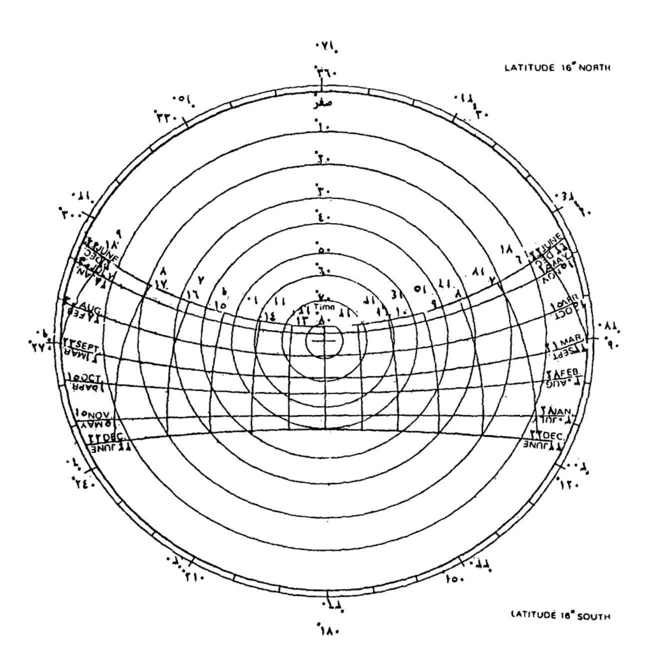

LATITUDE 4° NORTH
LATITUDE 4° SOUTH
صفر
١٠°
٢٠°
٣٠°
٤٠°
٥٠°
٦٠°
٣٦٠°
٣٠°
٦٠°
٩٠°
١٢٠°
١٥٠°
١٨٠°
٢١٠°
٢٤٠°
٢٧٠°
٣٠٠°
٣٣٠°
JUNE
MAY
APR
MAR
FEB
JAN
DEC
AUG
SEPT
OCT
NOV
JULY

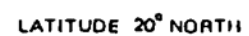


LATITUDE 8° NORTH
٣٦٠°
صفر
٣٠°
٦٠°
٩٠°
١٢٠°
١٥٠°
١٨٠°
٢١٠°
٢٤٠°
٢٧٠°
٣٠٠°
٣٣٠°
١٠°
٢٠°
٣٠°
٤٠°
٥٠°
٦٠°
JUNE
DEC.
MAY
JULY
NOV.
APR.
OCT.
MAR.
SEPT.
FEB.
AUG.
JAN.
LATITUDE 8° SOUTH

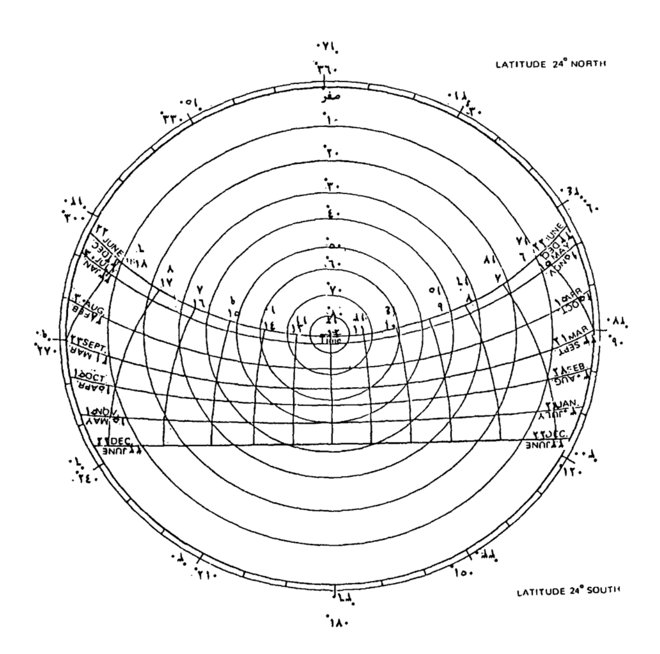


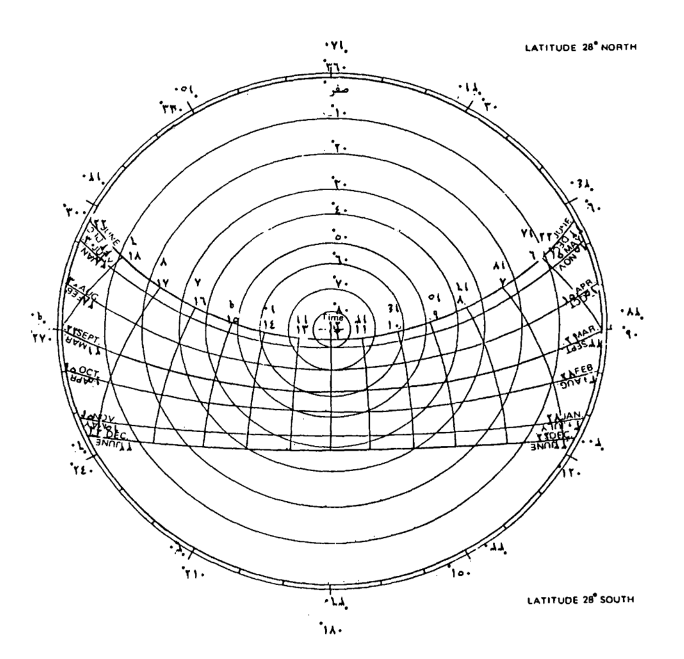
LATITUDE 12° NORTH
LATITUDE 12° SOUTH

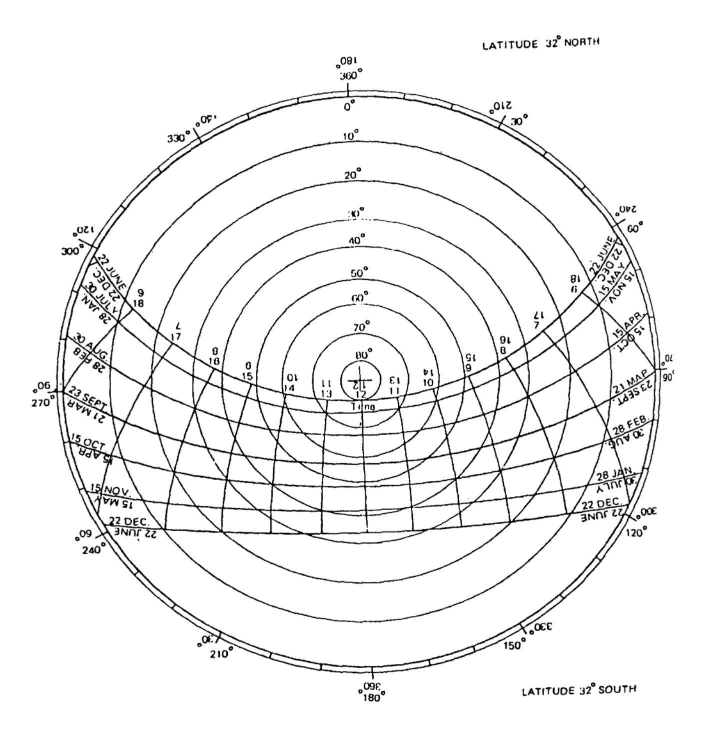

LATITUDE 16° NORTH
LATITUDE 16° SOUTH
صفر
٣٦٠
٣٠
٣٣٠
٣٠٠
٢٧٠
٢٤٠
٢١٠
١٨٠
١٥٠
١٢٠
٩٠
Time

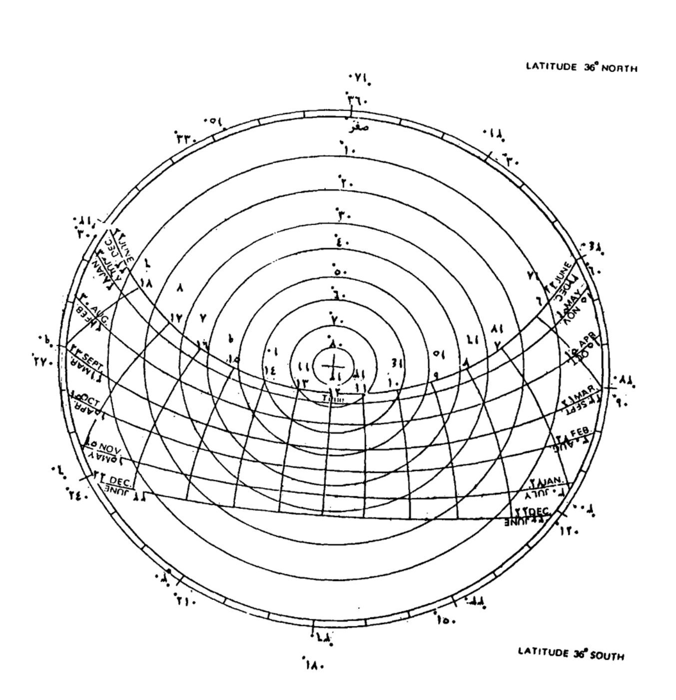



LATITUDE 20° SOUTH

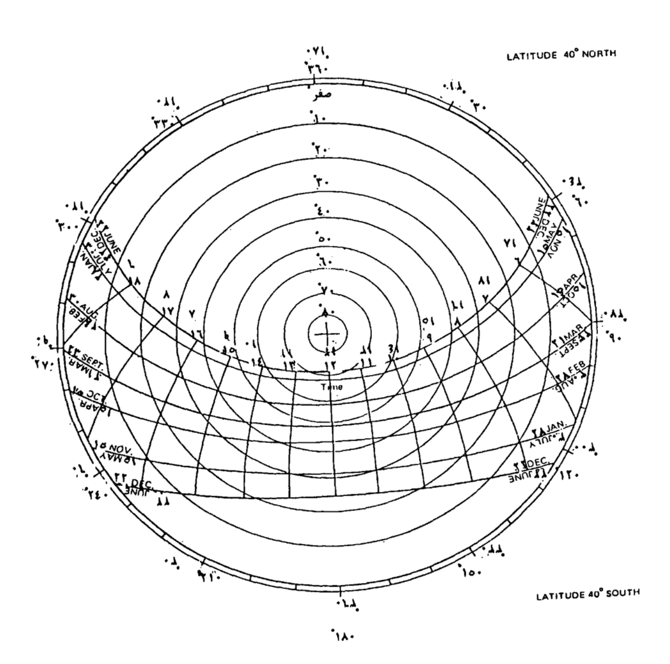

LATITUDE 24° NORTH
LATITUDE 24° SOUTH
صفر
Time
JUNE
DEC.
JAN.
JULY
AUG.
FEB.
SEPT.
MAR.
OCT.
APR.
NOV.
MAY

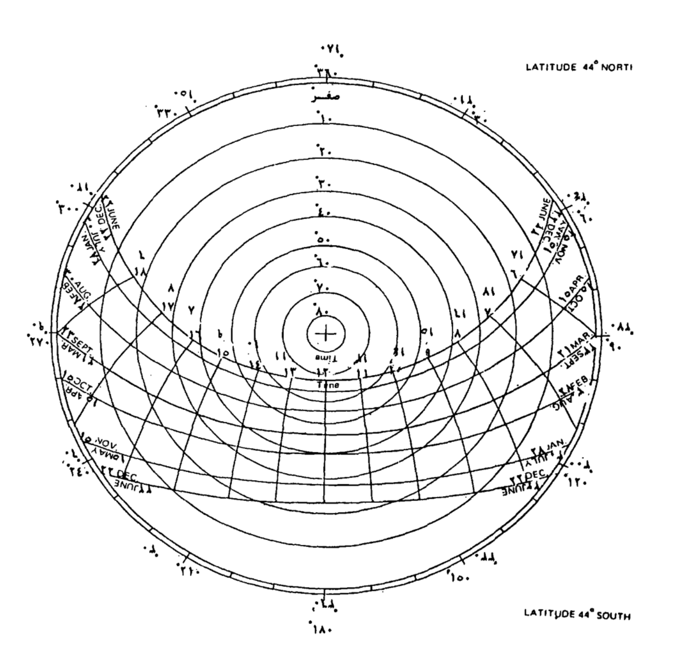

LATITUDE 28° NORTH
٣٦٠
صفر
١٠
٢٠
٣٠
٤٠
٥٠
٦٠
٧٠
٣٠
٦٠
٩٠
١٢٠
١٥٠
١٨٠
٢١٠
٢٤٠
٢٧٠
٣٠٠
٣٣٠
Time
JUNE
JULY
MAY
JAN.
NOV.
AUG.
FEB.
APR.
OCT.
SEPT.
MAR.
DEC.
LATITUDE 28° SOUTH


LATITUDE 32° NORTH
LATITUDE 32° SOUTH
22 JUNE
22 DEC.
30 JULY
28 JAN.
30 AUG.
28 FEB.
23 SEPT.
21 MAR.
15 OCT.
15 APR.
15 NOV.
15 MAY
Time



LATITUDE 36° NORTH
٣٦٠
صفر
١٠
٢٠
٣٠
٤٠
٥٠
٦٠
٧٠
٨٠
٣٣٠
٣٠
٦٠
٢٧٠
٩٠
٢٤٠
١٢٠
٢١٠
١٥٠
١٨٠
JUNE
DEC.
MAY
NOV.
APR.
OCT.
MAR.
SEPT.
FEB.
AUG.
JAN.
JULY
LATITUDE 36° SOUTH


LATITUDE 40° NORTH
LATITUDE 40° SOUTH
٣٦٠°
صفر
١٠°
٢٠°
٣٠°
٤٠°
٥٠°
٦٠°
٧٠°
٨٠°
٣٠°
٦٠°
٩٠°
١٢٠°
١٥٠°
١٨٠°
٢١٠°
٢٤٠°
٢٧٠°
٣٠٠°
٣٣٠°
Time
JUNE
DEC
MAY
NOV
APR
MAR
SEPT
FEB
AUG
JAN
JULY


LATITUDE 44° NORTH
LATITUDE 44° SOUTH
صفر
Time

## الملحق ١ ,٩ : الانارة الموصى بها وحدود دليل الابهار

| هـــــــــدف الـــــــرؤيــــا | الانــــارة Lux | دليلا الابهار |
|---|---|---|
| رؤيا عرضيــــة | 100 | 28 |
| أهداف أولية مع تفاصيل كبيرة | 200 | 25-28 |
| أهداف عادية ، تفاصيل متوسطة | 400 | 25 |
| أهداف قاسية ، تفاصيل صغيرة (مرسم،مخيطة) | 600 | 19-22 |
| أهداف ، قاسية دائمة ، تفاصيل صغيرة جداً (جوهرجي تصليح جوارب ، معايرة الأجزاء الصغيــــرة ) | 1300-2000 | 13-16 |
| أهداف قاسية بشكل خاص ، تفاصيل دقيقة (مصانع الساعات والالات ) | 2000-3000 | 10 |

## الملحق ٢ ,٩ : ناتج خرج الدفق الضوئي لأطقم الانارة

| | Watts | Lumens |
|---|---|---|
| ٢٤٠ فلث ، أطقم الانارة المتوهجة القياسية | 25 | 200 |
| | 40 | 325 |
| | 60 | 575 |
| | 100 | 1160 |
| | 150 | 1960 |
| | 200 | 2720 |
| | 300 | 4300 |
| | 500 | 7700 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1050 | 20 | 0.6m | أطقم الانارة الفلورسنتية (بيضاء دافئة) |
| 1550 | 40 | | |
| 2650 | 40 | 1.2m | |
| 3100 | 50 | 1.5m | |
| 4900 | 65 | | |
| 4850 | 80 | | |
| 5550 | 85 | 1.8m | |
| 6400 | 85 | 2.4m | |
| 8300 | 125 | | |

معاملات التحويل لوحدات الفلورسنت غير البيضاء الدافئة

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.55 | Softon 27 | 0.95 | ضوء النهـــار |
| 0.55 | Truclor 37 | 0.75 | الطبيعيـــة |
| 0.55 | طبيعي ممتـــاز | 0.65 | مواءمة اللـون |
| 0.40 | ضوء النهار الصناعي | 0.65 | أبيض دافيء فاخر |
| 0.70 | Warmtone | 0.65 | لون ٣٢ أو ٣٤ |
| | | 0.65 | Kolor-rite |

الملحق ٣,٩:

معاملات ضوء النهار الدنيا الموصى بها (اعتماداً على الكود البريطاني) إن هذه الأرقام تعتمد على إنارة سماء مقدارها ٥٠٠ لكس. ويجب استعمال معاملات ضوء نهار أقل في حالة سماء أشد إضاءة من ذلك. انظر صفحة ١٤٣ فقرة ٥,٢,٥.

| | |
|---|---|
| ممـــــــــــــرات | 0.5 |
| مداخل ، ردهة استراحة ، ادراج ، كنائس ، أقسام مستشفيات | 1.0 |
| مكاتب عامة ، بنوك ، صالات استقبال ، صفوف مدارس ، عيادات، | |
| قاعات رياضيـــــــة . | 2.0 |
| معامل ، صيـــدليـــــات | 3.0 |
| مـــراسم فـــــــن | 4.0 |

المنــــــــــازل :

صالات المعيشة ١٪ على مساحة على الأقل ٨ م٢ ونصف عمق الغرفة

غرف نوم ٠,٥٪ على مساحة على الأقل ٦ م٢ ونصف عمق الغرفة

مطبــخ ٢٪ على مساحة على الأقل ٥ م٢ أو نصف المســاحــة

## الملحق ١٠,١ : مستوى الازعاج المقبول (للاستعمال العام فقط ـ dBA)

| | | |
|---|---|---|
| الساكن : | غرفة نوم ، منزل خاص | 25 |
| | غرفة نوم ، شقـــــة | 30 |
| | غرفة نوم ، فنـــدق | 35 |
| | صالـــة معيشـــة | 40 |
| تجاري : | مكتـــب خـــاص | 35-45 |
| | بنـــــك | 40-50 |
| | قاعة مؤتمـــرات | 40-45 |
| | مكتب عام ، دكان ، مخزن | 40-55 |
| | مطعــــم | 40-60 |
| | كفتيـــــريا | 50-60 |
| صناعة: | مصانع دقيقـــة | 40-60 |
| | مصانع ثقيلـــة | 60-90 |
| | معامـــل | 40-50 |
| تعليم : | قاعة درس ، قاعة محاضرات | 30-40 |
| | دراســـة خاصـــة | 20-35 |
| | مكتبـــــة | 35-95 |
| صحة : | مستشفيات ، أقسام عامة | 25-35 |
| | أقســام خاصـــة | 20-25 |
| | مســرح العمليـــات | 25-30 |
| قاعات استماع : | قاعات موسيقـــى | 25-35 |
| | كنائـــــس | 35-40 |
| | قاعة محكمة ، غرف مؤتمرات | 40-45 |
| | ستوديوهات تسجيـــل | 20-25 |
| | ستوديوهات اذاعـــة | 20-30 |
| | مســـارح درامـــا | 30-40 |

ملحق ٢ , ١٠ : الفقد بالنقل (Transmission Loss T1) أو دليل نقصان الصوت لبعض الحوائط والأرضيات بالدسبل dB

| الذبذبات H2 | 100 | 200 | 400 | 800 | 1600 | 3200 | معدل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حائط طوب ١١٢ مم | 31 | 36 | 38 | 50 | 55 | 60 | 45 |
| حائط طوب ٢٢٥ مم | 41 | 43 | 97 | 54 | 57 | 60 | 50 |
| حائط خرساني ١٥٠ مم | 32 | 37 | 92 | 51 | 57 | 67 | 47 |
| حائط طوب ٣٣٨ مم | 42 | 45 | 48 | 54 | 62 | 61 | 52 |
| أرضية خرسانية ١٣٠مم | 32 | 36 | 40 | 45 | 55 | 62 | 45 |
| أرضية عائمة من اللياسة الاسمنتية | 38 | 92 | 47 | 52 | 59 | 63 | 50 |
| أرضية عن عوارض خشبية والواح معشقة، والسقف الواح قصارة | 14 | 23 | 34 | 39 | 45 | 45 | 34 |
| كالسابق ولكن الواح عائمة | 22 | 33 | 36 | 42 | 54 | 61 | 42 |
| كالسابق + ٧٥ مم ارضية تنك | 23 | 35 | 41 | 47 | 53 | 59 | 43 |
| نافذة زجاج مفرد | 16 | 18 | 24 | 27 | 21 | 26 | 22 |
| زجاج مزدوج + ٢٠٠ مم فراغ | 26 | 33 | 41 | 44 | 46 | 37 | 39 |

الملحق ١١ :

TABLE 1

| | |
|---|---|
| Location | |
| Longitude | |
| Latitude | |
| Altitude | |

Air temperature: °C

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | High | AM |
| Monthly mean max. | | | | | | | | | | | | | | |
| Monthly mean min. | | | | | | | | | | | | | | |
| Monthly mean range | | | | | | | | | | | | | Low | AMI |

Relative humidity: %

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Monthly mean max. a.m. | | | | | | | | | | | | |
| Monthly mean min. p.m. | | | | | | | | | | | | |
| Average | | | | | | | | | | | | |
| Humidity group | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Humidity group: | 1 | If average RH: | below 30% |
| | 2 | | 30–50% |
| | 3 | | 50–70% |
| | 4 | | above 70% |

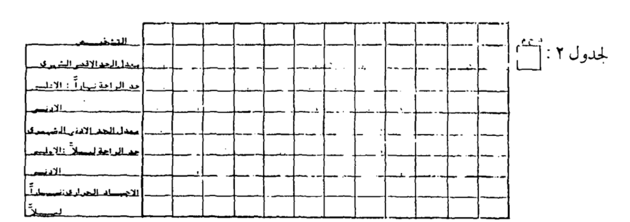
Rain and wind

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rainfall, mm | | | | | | | | | | | | | | Tota |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind, prevailing | | | | | | | | | | | | |
| Wind, secondary | | | | | | | | | | | | |
| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |

| حدود الراحة Comfort limits | | دح م فوق ٢٠ م° AMT over 20°C | | AMT 15 20°C | | AMT below 15°C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نهار Day | ليل Night | نهار Day | ليل Night | نهار Day | ليل Night |
| Humidity group مجموعة الرطوبة | ١ | ٣٤_٢٦ | ٢٥_١٧ | ٣٢_٢٣ | ٢٣_١٤ | ٣٠_٢١ | ٢١_١٢ |
| | ٢ | ٣١_٢٥ | ٢٤_١٧ | ٣٠_٢٢ | ٢٢_١٤ | ٢٧_٢٠ | ٢٠_١٢ |
| | ٣ | ٢٩_٢٣ | ٢٣_١٧ | ٢٨_٢١ | ٢١_١٤ | ٢٦_١٩ | ١٩_١٢ |
| | ٤ | ٢٧_٢٢ | ٢١_١٧ | ٢٥_٢٠ | ٢٠_١٤ | ٢٤_١٨ | ١٨_١٢ |

جدول ٢ :



| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| التشخيص | | | | | | | | | | | | |
| معدل الحد الاقصى الشهري | | | | | | | | | | | | |
| حد الراحة نهاراً : الاعلى | | | | | | | | | | | | |
| الادنى | | | | | | | | | | | | |
| معدل الحد الادنى الشهري | | | | | | | | | | | | |
| حد الراحة ليلاً : الاعلى | | | | | | | | | | | | |
| الادنى | | | | | | | | | | | | |
| الاجهاد الحراري نهاراً | | | | | | | | | | | | |
| ليلاً | | | | | | | | | | | | |

Indicators المؤشرات

| | | | | | | | | | | | | | مجموع Totals |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Humid: | H1 رطوبة | | | | | | | | | | | | |
| | H2 | | | | | | | | | | | | |
| | H3 | | | | | | | | | | | | |
| Arid: جاف | A1 | | | | | | | | | | | | |
| | A2 | | | | | | | | | | | | |
| | A3 | | | | | | | | | | | | |

| | استعمالها Applicable when Meaning معنى | مؤشرات Indicator | إجهاد حراري Thermal stress Day | Night | امطار Rainfall | مجموعة الرطوبة Humidity group | معدل حدود الشهر Monthly mean range |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Air movement essential حركة الهواء اساسية | H1 | H | | | ٤ | أقل من |
| | | | H | | | ٢، ٣ | Less than 10 |
| حركة الهواء مرغوبة | Air movement desirable | H2 | D | | | ٤ | |
| الحماية من الأمطار ضرورية | Rain protection necessary | H3 | | | Over 200 mm | | أكثر من ١٠ |
| السعة الحرارية ضرورية | Thermal capacity necessary | A1 | | | | ١، ٢، ٣ | More than 10 |
| النوم في الخارج مرغوب | Out door sleeping desirable | A2 | | H | | ١، ٢ | أكثر من ١٠ |
| | | | H | O | | ١، ٢ | More than 10 |
| حماية من البرد | Protection from cold | A3 | C | | | | |

# جدول ماهوني رقم (٣) :(عمل لبغداد)

| Indicator totals from table 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |
| | | | | | |

**TABLE 3**
**Recommended specifications** مواصفات موصى بها

**Layout** الموقع

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٠-١٠ | | | | | |
| | | | ١١،١٢ | | ٥-١٢ | | ١ | Orientation north and south (long axis east–west)<br>اتجاه المحور الرئيسي باتجاه شمال وجنوب |
| | | | | | ٠-٤ | | ٢ | Compact courtyard planning مسقط مضغوط حول ساحة |

**Spacing** الفراغات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١١،١٢ | | | | | | | ٣ | Open spacing for breeze penetration فراغات مفتوحة لدخول النسيم |
| ٢-١٠ | | | | | | | ٤ | As 3, but protection from hot and cold wind حماية من الهواء الحار والهواء البارد |
| ٠،١ | | | | | | | ٥ | Compact lay-out of estates موقع مضغوط |

**Air movement** حركة الهواء

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٣-١٢ | | | | | | | ٦ | الغرف من جهة واحدة ، توريد مستمر لحركة الهواء<br>Rooms single banked, permanent provision for air movement |
| | | | ٠-٥ | | | | | |
| ١،٢ | | | ٦-١٢ | | | | ٧ | الغرف من جهتين ، ادخال مؤقت للهواء<br>Double banked rooms, temporary provision for air movement |
| ٠ | ٢-١٢ | | | | | | | |
| | ٠،١ | | | | | | ٨ | No air movement requirement لا حاجة لحركة الهواء ليلا |

**Openings** الفتحات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٠،١ | | ٠ | | ٩ | Large openings, 40–80% فتحات واسعة ٤٠ – ٨٠ ٪ |
| | | | ١١،١٢ | | | | ١٠ | Very small openings, 10–20% فتحات صغيرة جدا ١٠ – ٢٠ ٪ |
| Any other conditions | | | | | | | ١١ | Medium openings, 20–40% فتحات متوسطة ٢٠ – ٤٠ ٪ |

**Walls** حوائط

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٠-٢ | | | | ١٢ | Light walls, short time-lag حوائط خفيفة ، زمن تخلف صغير |
| | | | ٣-١٢ | | | | ١٣ | Heavy external and internal walls حوائط ثقيلة خارجية وداخلية |

**Roofs** أسقف

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٠-٥ | | | | ١٤ | Light, insulated roofs أسقف خفيفة معزولة |
| | | | ٦-١٢ | | | | ١٥ | Heavy roofs, over 8 h time-lag أسقف ثقيلة الزمن |

**Out-door sleeping** منامات خارجية

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ٢-١٢ | | | ١٦ | Space for out-door sleeping required مطلوب أماكن نوم خارجية |

**Rain protection** الحماية من المطر

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | No. | Specification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ٣-١٢ | | | | | ١٧ | Protection from heavy rain necessary ضرورة الحماية من المطر |

| Indicator totals from table 2 | | | | | مجموع المؤشرات |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |
| | | | | | |

*TABLE 4*

Detail recommendations

# جدول ماهوني رقم (٤):

## Size of opening — حجم الفتحات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ١ | Large: 40–80% — واسعة |
| | | | | | | | ٢ | Medium: 25–40% — متوسطة |
| | | | | | | | ٣ | Small: 15–25% — صغيرة |
| | | | | ر | | ٠-٣ | ٤ | Very small: 10–20% — صغيرة جداً |
| | | | | | | ٤-١٢ | ٥ | Medium: 25–40% — متوسطة |

## Position of openings — أماكن الفتحات .

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٣-١٢ | | | | | | ٦ | In north and south walls at body height on windward side — في الشمال والجنوب بارتفاع الجسم |
| ١-٢ | | | ٠-٥ | | | | |
| | | | ٦-١٢ | | | ٧ | As above, openings also in internal walls — كالسابق ، فتحات أيضاً في الحوائط الداخلية |
| صفر | ٢-١٢ | | | | | | |

## Protection of openings — حماية الفتحات .

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ٠-٢ | ٨ | Exclude direct sunlight — استبعاد الشعة الشمس المباشرة |
| | | ٢-١٢ | | | | ٩ | Provide protection from rain — الحماية من الأمطار |

## Walls and floors — الجدران والأرضيات

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٠-٢ | | | ١٠ | Light, low thermal capacity — خفيفة ذات سعة حرارية قليلة |
| | | | ٣-١٢ | | | ١١ | Heavy, over 8 h time-lag — ثقيلة ، زمن تخلف فوق ٨ س |

## Roofs — الأسقف

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١٠-١٢ | | | ٠-٢ | | | ١٢ | Light, reflective surface, cavity — خفيفة عاكسة مفرغة |
| | | | ٣-١٢ | | | ١٣ | Light, well insulated — خفيفة معزولة جيداً |
| | | | ٠-٥ | | | | |
| | | | ٦-١٢ | | | ١٤ | Heavy, over 8 h time-lag — ثقيلة ، زمن تخلف فوق ٨ س |

## External features — الملامح الخارجية

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ١-١٢ | | ١٥ | Space for out-door sleeping — مساحات النوم الخارجي |
| | | ١-١٢ | | | | ١٦ | Adequate rainwater drainage — تصريف مطر كافية |

## الملحق ١٢ :

الفصل :

مخطط موقع النشاط

| | الزمن ٢٠٠ر | ٤٠٠ر | ٦٠٠ر | ٨٠٠ر | ١٠٠٠ر | ١٢٠٠ر | ١٤٠٠ر | ١٦٠٠ر | ١٨٠٠ر | ٢٠٠٠ر | ٢٢٠٠ر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درجة الحراره ٤٤ | | | | | | | | | | | |
| ٤٠ | | | | | | | | | | | |
| ٣٦ | | | | | | | | | | | |
| ٣٢ | | | | | | | | | | | |
| ٢٨ | | | | | | | | | | | |
| ٢٤ | | | | | | | | | | | |
| ٢٠ | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

الفراغ والنشاط

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| المفتاح | رجال / نساء / اطفال — درجة الهواء الخارجي / درجة الهواء الداخلي / منطقة الراحة |

ملاحظات

الملحق ١٣ :

***Roof constructions and their performance***

| Roof material | Ceiling material | Construction | $U$-value W/m²degC | Density of heat flow rate ($q$) and ceiling *temperature excess* ($T_{se}$) above air temperature under assumed conditions ($T_e = T_i = 30$°C and $I = 920$ W/m²) — New: $q$ W/m² | New: $T_{se}$ degC ($T_{se}$ under 4 degC is acceptable) | Old: $q$ W/m² | Old: $T_{se}$ degC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrugated asbestos cement | 13 mm fibreboard | a/c* sheets on timber purlins, fibreboard nailed under rafters | 1·7 | 29·3 | 4·3 | 62·4 | 9·4 |
| Corrugated asbestos cement sandwiched with 25 mm fibreglass | | sandwich sheets fixed on purlins and rafters | 0·8 | 22·4 | 3·4 | 47·9 | 7·4 |
| 100 mm r/c slab 75 mm cement screed | 13 mm fibreboard | *in situ* slab, fibreboard on battens | 1·3 | 22·7 | 3·4 | 48·2 | 7·4 |
| Corrugated asbestos cement | 13 mm fibreboard | a/c sheets on purlins, fibreboard under horizontal ties | 1·7 | 23·9 | 3·9 | 52·3 | 8·4 |
| Corrugated iron sheets | 13 mm fibreboard | iron sheets on purlins, fibreboard under horizontal ties | 1·3 | 13·9 | 2·3 | 41·6 | 7·3 |
| Corrugated iron sheets | 13 mm timber board | iron sheets on purlins, timber board under horizontal ties | 1·6 | 17·3 | 2·9 | 52·3 | 8·8 |
| Corrugated iron sheets | 5 mm a/c sheets | iron sheets on purlins, a/c sheets under horizontal ties | 1·9 | 20·3 | 3·1 | 62·7 | 9·6 |
| Corrugated asbestos cement | 13 mm fibreboard + alum.† foil | a/c sheets on purlins, foil over fibreboard fixed under rafters | 1·2 | 21·4 | 3·3 | 46 0 | 7·0 |
| Corrugated asbestos cement | 13 mm timber board + alum. foil | a/c sheets on purlins, foil over timber boards fixed under rafters | 1·6 | 29·3 | 4·4 | 62·7 | 9·5 |
| Corrugated asbestos cement | 5 mm a/c sheets + alum. foil | a/c sheets on purlins, foil over a/c ceiling fixed under rafters | 1·7 | 29·3 | 4·4 | 62·7 | 9·5 |
| Corrugated iron sheets | 13 mm fibreboard + alum. foil | iron sheets on purlins, foil over fibreboard fixed under rafters | 1·0 | 16·0 | 2·5 | 47·9 | 7·4 |
| Corrugated iron sheets | 13 mm timber board + alum. foil | iron sheets on purlins, foil over timber boards fixed under rafters | 1·3 | 20 2 | 3·0 | 60·5 | 9·2 |
| Corrugated iron sheets | 5 mm a/c sheets + alum. foil | iron sheets on purlins, foil over a/c ceiling fixed under rafters | 1·4 | 23 0 | 3·4 | 69·0 | 10·3 |
| Red clay tiles | 13 mm fibreboard 25 mm fibreglass + alum. foil | tiles on battens on rafters, foil on fibreglass on fibreboard under rafters | 0·62 | 23 0 | 3·3 | 23·0 | 3·3 |
| Red clay tiles | 13 mm timber board, 25 mm fibreglass + alum. foil | tiles on battens on rafters, foil on fibreglass on boards under rafters | 0·74 | 27·1 | 4 0 | 27·1 | 4·0 |
| Red clay tiles | 5 mm a/c sheets, 25 mm fibreglass + alum. foil | tiles on battens on rafters, foil on fibreglass on a/c under rafters | 0·80 | 29·3 | 4 4 | 29 3 | 4 4 |
| Corrugated asbestos cement | 13 mm fibreboard, 25 mm fibreglass + alum foil | a/c sheets on purlins, foil on fibreglass on fibreboard under under rafters | 0 68 | 11·6 | 1·7 | 25·2 | 3 6 |

*Roof constructions and their performance*

$T_{ce}$ under 4 degC is acceptable

| Roof material | Ceiling material | Construction | $U$-value W/m²degC | Density of heat flow rate ($q$) and ceiling *temperature excess* ($T_{ce}$) above air temperature under assumed conditions ($T_e = T_i = 30°C$ and $I = 920$ W/m²) New $q$ W/m² | New $T_{ce}$ degC | Old $q$ W/m² | Old $T_{ce}$ degC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrugated asbestos cement | 13 mm timber board, 25 mm fibreglass + alum. foil | a/c sheets on purlins, foil on fibreglass on boards under rafters | 0·74 | 12·6 | 1·9 | 27·1 | 4·0 |
| Corrugated asbestos cement | 5 mm a/c sheets, 25 mm fibreglass + alum. foil | a/c sheets on purlins, foil on fibreglass on a/c ceiling under rafters | 0·80 | 13·5 | 2·4 | 29·3 | 4·4 |
| Corrugated alum. sheets | 13 mm fibreboard | alum. on timber purlins, fibreboard under rafters | 1·3 | 16·1 | 2·5 | 22·4 | 3·4 |
| Corrugated alum. sheets | 13 mm timber board | alum. on timber purlins, timber board under rafters | 1·6 | 20·2 | 3·0 | 28·3 | 4·3 |
| Corrugated alum. sheets | 5 mm a/c sheets | alum. on timber purlins, a/c under rafters | 1·9 | 22·1 | 3·3 | 31·2 | 4·6 |
| Corrugated alum. sheets | 100 mm reinforced concrete slab | alum. on timber purlins, reinforced concrete slab horizontal | 1·6 | 20·2 | 3·0 | 28·3 | 4·3 |
| Corrugated alum. sheets | 13 mm resin bonded jute board | alum. sheets on timber purlins, board under rafters | 1·4 | 16·7 | 2·5 | 23·6 | 3·6 |
| Corrugated alum. sheets | 50 mm strawboard | alum. on timber purlins, strawboard under rafters | 1·08 | 11·0 | 1·8 | 15·4 | 2·5 |
| Corrugated alum. sheets | 25 mm wood wool slab | alum. on timber purlins, wood wool under rafters | 1·42 | 14·5 | 2·2 | 20·5 | 3·1 |
| Corrugated alum. sheets | 10 mm plasterboard | alum. on timber purlins, plasterboard under rafters | 1·88 | 19·2 | 2·9 | 27·4 | 3·5 |
| Corrugated alum. sheets | 25 mm cork slab | alum. on timber purlins, cork under rafters | 1·27 | 13·2 | 2·0 | 18·6 | 2·7 |
| Corrugated alum. sheets | 100 mm reinforced concrete slab, 75 mm cement screed, 18 mm plastering | alum. on timber purlins, reinforced concrete slab horizontal underside plastered | 1·23 | 17·3 | 2·4 | 24·6 | 3·4 |

Based on Koenigsberger and Lynn: *Roofs in the warm-humid tropics.*
* a/c = asbestos cement
† alum. = aluminium

*Système international* units of measurement

BASIC SI UNITS

| *Quantity* | *unit symbol* | *name of unit* | *accepted units* | *obsolete units* | |
|---|---|---|---|---|---|
| LENGTH | m | metre | km, (cm), mm, μm, nm | 1 inch = 25·4 mm<br>1 foot = 305 mm | 1 yard = 0·915 m<br>1 mile = 1·609 km |
| MASS | kg | kilogramme | tonne (= 1 000 kg)<br>g (gramme) | 1 ounce = 28·35 g<br>1 pound = 454 g | 1 kip = 454 kg<br>1 ton = 1 016 kg |
| TIME | s | second | ms (millisecond)<br>minute, hour | | |
| ELECTRIC CURRENT | A | ampere | | | |
| TEMPERATURE | °K | degree kelvin | 1 degC (celsius) = 1 degK<br>N°C = N + 273·15°K | 1 degF = 5/9 degC<br>N°F = 5/9(N−32)°C | |
| LUMINOUS INTENSITY | cd | candela | | | |

SUPPLEMENTARY UNITS

| *Quantity* | *unit symbol* | *name of unit* | *definition* | *accepted units* | *obsolete units* |
|---|---|---|---|---|---|
| PLANE ANGLE | rad | radian | angle subtended at centre of unit radius circle by unit length of arc | ° (degree), ′ (minute), ″ (second)<br>1 r ≈ 114·6° | |
| SOLID ANGLE | sr | steradian | *solid angle subtended at centre of unit radius sphere by unit area of surface* | | |

Prefixes to units—Multiples and Submultiples

| *Fraction* | Name | Abbreviation | Multiple | Name | Abbreviation |
|---|---|---|---|---|---|
| ($10^{-1}$ | deci | d) | (10 | deca | da) |
| ($10^{-2}$ | centi | c) | ($10^{2}$ | hecto | h) |
| $10^{-3}$ | milli | m | $10^{3}$ | kilo | k |
| $10^{-6}$ | micro | μ | $10^{6}$ | mega | M |
| $10^{-9}$ | nano | n | $10^{9}$ | giga | G |
| $10^{-12}$ | pico | p | $10^{12}$ | tera | T |

DERIVED UNITS

| *Quantity* | *unit symbol* | *name of unit* | *dimension* | *definition* | *accepted units* | *obsolete units* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AREA | $m^2$ | metre squared | | square with sides of unit length | 1 $mm^2 = 10^{-6} m^2$<br>1 ha (hectare) = $10^4 m^2$<br>1 $km^2 = 10^6 m^2$ | 1 $ft^2$ = 0·093 $m^2$<br>1 acre = 0·405 ha<br>1 $mile^2$ = 2·59 $km^2$ |
| VOLUME | $m^3$ | cubic metre | | cube with sides of unit length | 1 litre = 1 $dm^3 = 10^{-3} m^3$<br>1 $cm^3 = 10^{-6} m^3$ | 1 $ft^3$ = 0·028 $m^3$<br>1 gallon = 4·546 l |
| DENSITY | $kg/m^3$ | kilogramme per cubic metre | | unit mass per unit volume | 1 $g/cm^3$ = 1 000 $kg/m^3$ | 1 $lb/ft^3$ = 16·019 $kg/m^3$<br>1 $lb/in^3$ = 27·68 $g/cm^3$ |
| SURFACE DENSITY | $kg/m^2$ | kilogramme per metre squared | | unit mass per unit area | | 1 $lb/ft^2$ = 4·882 $kg/m^2$ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VELOCITY, (LINEAR) | m/s | metre per second | | unit length movement in unit time | 1 km/h = 0 278 m/s | 1 ft/min = 0 005 m/s<br>1 ft/s = 0·305 m/s | 1 mph = 1·609 km/h<br>1 knot = 1·853 km/h |
| ACCELERATION (LINEAR) | $m/s^2$ | metre per second squared | | unit velocity change in unit time | | 1 $ft/s^2$ = 0 305 $m/s^2$ | |
| FORCE | N | newton | kg $m/s^2$ | causing unit acceleration of unit mass | kN, MN | 1 lbf = 4·448 N<br>1 kgf = 9·807 N | 1 dyn = $10^{-5}$ N |
| WORK, ENERGY | J (N m) | joule | kg $m^2/s^2$ | unit force acting over unit length | 1 Wh = 3600 J<br>1 kWh = 3600 kJ | 1 erg = 0·1 μJ<br>1 cal = 4·187 J<br>1 kcal = 4·187 kJ<br>1 m kgf = 9 807 J | 1 Btu = 1055 06 J<br>1 therm = 105·506 MJ<br>1 hp-h = 2684 5 kJ<br>1 ft lbf = 1·3556 J |
| POWER or ENERGY FLOW RATE | W (J/s) | watt | kg $m^2/s^3$ | unit energy spent in unit time | megawatt<br>kilowatt | 1 erg/s = 0·1 μW<br>1 cal/s = 4·187 W<br>1 kcal/h = 1·163 W<br>1 hp (metric) = 735·5 W | 1 Btu/h = 0·293 W<br>1 ton refrig = 3 516 kW<br>1 ft lbf/s = 1·356 W<br>1 hp = 745·7 W |
| DENSITY OF ENERGY FLOW RATE (INTENSITY) | $W/m^2$ | watt per metre squared | $kg/s^3$ | unit energy flow rate through unit area | $kW/m^2$, $\mu W/m^2$<br>$MJ/m^2$.day | 1 $Btu/ft^2$ h = 3·155 $W/m^2$<br>1 $cal/cm^2$ h = 1 langley/h = 41·87 $kJ/m^2$ h = 11·63 W $m^2$ | 1 $kcal/m^2$ h = 1·163 $W/m^2$ |
| PRESSURE, STRESS | $N/m^2$ (pascal) | newton per metre squared | kg/m $s^2$ | unit force acting on unit area | $kN/m^2$, $MN/m^2$<br>1 bar = 100 $kN/m^2$<br>1 m bar = 100 $N/m^2$ | 1 $kgf/cm^2$ = 98 $kN/m^2$<br>1 $kgf/m^2$ = 9·8 $N/m^2$<br>1 atmosphere = 101·32 $kN/m^2$<br>1 m water gauge = 9 8 $kN/m^2$ | 1 $lbf/in^2$ = 6895 $N/m^2$<br>1 $lbf/ft^2$ = 47·88 $N/m^2$<br>1 tonf/$ft^2$ = 107 3 $kN/m^2$<br>1 ft water gauge = 2·99 $kN/m^2$ |
| THERMAL CAPACITY | J/degC | | | energy required by *body* for unit temperature increase | | 1 Btu/degF = 1 899 J/degC | 1 kcal degC = 4 187 J/degC |
| SPECIFIC HEAT | J/kg degC<br>$J/m^3$ degC | | | energy required by *substance* for unit temperature increase (per unit mass or unit volume) | | 1 Btu/lb degF = 4·187 J/kg degC<br>1 $Btu/ft^3$ degF = 67 $kJ/m^3$ degC | 1 kcal kg degC = 4 187 kJ kg degC<br>1 kcal $m^3$ degC = 4 187 kJ $m^3$ degC<br>1 kcal l degC = 4·187 MJ $m^3$ degC |
| THERMAL CONDUCTIVITY | W/m degC | | | heat flow rate through unit area of unit thickness of *substance* with unit temperature difference between the two faces | | 1 Btu in/$ft^2$.h.degF = 0·144 W/m degC<br>1 kcal/m.h.degC = 1·163 W/m degC | |
| THERMAL TRANSMITTANCE | $W/m^2$ degC | | | heat flow rate through unit area of *body* with unit difference in temperature of air on the two sides | | 1 $Btu/ft^2$.h.degF = 5·678 $W/m^2$ degC<br>1 $kcal/m^2$.h.degC = 1·163 W/m degC | |
| LATENT HEAT, CALORIFIC VALUE | J/kg<br>$J/m^3$ | | | change in energy content at change of state, or heat produced by combustion (per unit mass or unit volume) | | 1 Btu/lb = 2326 J/kg<br>1 $Btu/ft^3$ = 37·26 $kJ/m^3$<br>1 Btu/gal = 232 $kJ/m^3$ | 1 kcal kg = 4 187 J/kg<br>1 $kcal/m^3$ = 4 187 $J/m^3$<br>1 kcal/l = 4 187 $kJ/m^3$ |
| LUMINOUS FLUX | lm | lumen | cd.sr. | emitted by unit intensity source in unit solid angle | | | |
| ILLUMINATION | lx | lux | $lm/m^2$ | unit flux incident on unit area | | 1 $lm/ft^2$ = 10·76 lx | |
| LUMINANCE | $cd/m^2$ | (nit) | | unit intensity per unit area | asb (apostilb)<br>1 $cd/m^2$ = 3 14 asb | 1 $cd/ft^2$ = 10·76 $cd/m^2$<br>1 ft lambert = 10·76 asb = 3·42 $cd/m^2$ | |

# List of symbols — معجم المصطلحات

| | | |
|---|---|---|
| A | absorption | امتصاص |
| A | area of surface | مساحة السطح |
| a | absorbance (absorption coefficient ) | معامل الامتصاص |
| AH | absolute humidity | الرطوبة المطلقة |
| AMR | annual mean range | معدل الحدود الفعلية |
| AMT | annual mean temperature | معدل درجات الحرارة الفعلية |
| $A_1$ | total surface area | مساحة السطح الكلية |
| b | thickness (breadth) | (عرض ) السماكة |
| C | conductance | المواصلة |
| CET | corrected effective temperature | درجة الحرارة المؤثرة المعدلة |
| CS | contrast sensitivity | حساسية التباين |
| Cnd | conduction | التوصيل |
| Cnv | convection | الحمل |
| c | specific heat | الحرارة النوعية |
| D | dirt factor | معامل النظافة |
| DBT | dry bulb temperature | درجة الحرارة الكروية (الميزان الكروي) |
| DF | daylight factor | معامل ضوء النهار |
| d | density | الكثافة |
| d | distance (length) | المسافة ( الطول ) |
| E | illumination (eclairage) | الاستنارة |
| $E_i$ | illumination indoors (at defined point ) | الاستنارة الداخلية |
| $\Delta E_{max}$ | magnitude of illumination vector | قيمة الاستنارة الموجهة |

| | | |
|---|---|---|
| $E_n$ | illumination of normal plane | الاستنارة على المستوى الأفقي |
| $E_o$ | illumination outdoors | الاستنارة الخارجية |
| $E_s$ | scalar illumination | معدل الاستنارة الكروية |
| $E_\beta$ | illumination on plane tilted by βι degrees | الاستنارة على مستوى مائل بزاوية β |
| ECI | equatorial comfort index | دليل الراحة الاستوائيـــة |
| ERC | externally reflected component | المركبة المنعكسة الخارجية |
| ET | effective temperature | درجة الحرارة المؤثرة |
| EW | equivalent warmth | الدفء المكافيء |
| Evp | evaporation | التبخيـــــر |
| e | emitance | الابتعاث |
| F | function of ... | دالـــــة |
| F | flux (Flow of light | تدفق الضـــوء |
| $F_i$ | flux emitted by lamps | الدفق المنبعث من المصابيح |
| $F_r$ | flux received (on working plane) | الدفعة المستقبل (على مستوى العمل) |
| FF | framing factor | معامل البرواز |
| f | frequency | الذبذبـــــة |
| f | surface or film conductance | موصــــلية سطح |
| $f_i$ | inside surface conductance | موملية السطح الداخلية |
| $f_o$ | outside surface conductance | موملية السطح الخارجية |
| G | glare index | دليل الابهـــار |
| GF | glazing factor | معامل الزجـــاج |
| g | glare (in general ) or glare constant | الابهار او ثابت الابهار |
| HS1 | heat stress index | دليل الاجهاد الحراري |
| h | height | ارتفــــــاع |
| I | intensity | الشـــــــدة |
| $I_a$ | intensity of direct radiation | شدة الاشعة المباشرة |
| $I_d$ | intensity of diffuse radiation | شدة الاشعة المشتتـــة |

| | | |
|---|---|---|
| $I_o$ | refeyence intensity (sound) | الشدة المرجعية (الصوت ) |
| IRC | internally reflected component | المركبة المنعكسة الداخلية |
| K | thermal diffusivity | الانتشارية الحـــرارية |
| k | conductivity | موصلبـــــــــــة |
| L | luminance | انــــــــــارية |
| $L_h$ | luminance at horizon | الانارية على الافـــق |
| $L_z$ | luminance at zenith | الانارية على السمت |
| $L_y$ | luminance at y altitude angle | الانارية على خط عرض y |
| M | mass per unit surface | الكتلة لكل وحدة ســطح |
| Met | metabolism | التحويل الغــذائي |
| MF | maintenance factor | معامل الصيـــانة |
| MRT | mean radiant temperature | معدولة درجة الحرارة المشعة |
| N | number (of air changes per hour) | عدد (تغير الهواء في الساعة ) |
| NC | noise criteria | معايير الازعـــــاج |
| OT | operative temperature | درجه الحرارة العاملة |
| P4SR | predicted four hour sweat rate | معدل ٤ ساعات التعرق المتنباه |
| P | pressure (atmospheric) | الضغـــــــــط |
| $P_a$ | partial pressure - dry air | ضغط جزئي - الهواء الجاف |
| $P_s$ | stack pressure | ضغط المدخنـــــة |
| $P_v$ | partial pressure vapour | ضغط جزئي التبخير |
| $P_{vs}$ | saturation point vapour pressure | نقطة تشبع ضغط البخار |
| $P_w$ | wind pressure | ضغط الهـــواء |
| p | position index | دليل المـــوقع |
| Q | heat flow rate | معدل تدفق الحرارة |
| $Q_c$ | conduction heat flow rate | معدل تدفق حرارة التوصيل |
| $Q_e$ | evaporative cooling rate | معدل تبريد التبخر |
| $Q_i$ | internal heat gain, rate of. | الكسب الحراري الداخلي |
| $Q_m$ | mechanical heating cooling rate | معدل الحرارة /التبريد الآلي |
| $Q_s$ | solar heat gain, rate of | الكسب الحراري الشمسي |

| | | |
|---|---|---|
| $Q_v$ | ventilation heat flow rate | معدل تدفق حرارة التهوية |
| q | heat flow rate, density of | معدل تدفق الحـــرارة |
| R | red (hue designation ) | احمر ( تحديد قيمة هيو ) |
| Rad | radiation | الاشعـــــاع |
| RH | relative humidity | الرطوبة النسبيـــة |
| RT | resultant temperature | درجة الحرارة الناتجة |
| R | resistance | المقـــاومـــة |
| $R_a$ | air-to-air resistance | المقاومة من الهواء الى الهواء |
| $R_c$ | cavity resistance | مقاومة الفـــراغ |
| r | reflectance | الانعكاسيـــــة |
| S | total surface area | مساحة السطح الكلية |
| s | component surface area | مركبة مساحة الســطح |
| SC | sky component | مركبة السمـــاء |
| SH | saturation point humidity | نقطة الرطوبة المشبعة |
| T1 | transmission loss | الفقد بالنقل |
| $T_m$ | mean outside air temperature | معدل درجة حرارة الهواء الخارجية |
| $T_i$ | inside air temperature | درجة الحرارة الداخليـــة |
| $T_o$ | outside air temperature | درجة الحرارة الخارجيـــة |
| $T_s$ | sol-air temperature | درجة حرارة الهواء ـ الشمس |
| $T_{se}$ | sol-air excess temperature | درجة حرارة الهواء ـ الشمس الزائدة |
| $\Delta T$ | temperature difference | الفرق في درجة الحرارة |
| t | transmittance (transmission coefficient ) | النفاذية ( معامل النفاذية ) |
| U | air-to-air transmittance | النفاذية من الهواء الى الهواء |
| UF | utilisation factor | معامل الافـــادة |
| V | Munsell value | مقـــدار مانســـل |
| V | ventilation rate | معدل التهويـــة |
| v | velocity | الســـرعـــة |
| WBT | wet bulb temperature | درجة الحرارة الجافـة |

| | | |
|---|---|---|
| $\alpha$ | solar azimuth angle | زاوية الشمس السمتية |
| $\beta$ | angle of incidence | زاوية السقـــوط |
| $\gamma$ | solar altitude angle | زاوية سقوط الشمس العمودية |
| $\delta$ | azimuth difference(= horizontal shadow angle) | الفرق في زاوية السمت ( زاوية الظلال الافقيــة ) |
| $\varepsilon$ | efficiency | الكفــاءة |
| $\varepsilon$ | vertical shadow angle | زاوية الظلال العمودية |
| $\theta$ | solar gain factor | معامل الكسب الشمســي |
| $\lambda$ | wavelength | طول الموجـــة |
| $\mu$ | decrement factor | معامل التناقــص |
| $\varphi$ | time-lag | زمن التخلـــف |
| $\psi$ | visual angle (solid angle) | زاوية الرؤيا (زاوية مجسمة ) |
| $\rho$ | visual angle | زاوية الـــرؤيا |
| $\omega$ | wall azimuth angle (orientation ) | الزاوية السمتيه للحائط (الاتجاه ) |

رقم الإيداع لدى المكتبة الوطنيّة
(١٩٩٦/٢/٢٤٠)